การศึกษาผลการใช้ก๊าซธรรมชาติระบบเชื้อเพลิงร่วมในเครื่องยนต์ดีเซล

นายพงศธร บวรสิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE STUDY OF USING NATURAL GAS IN A DUAL FUEL DIESEL ENGINE

Mr.Pongsatorn Borwornsin

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาผลการใช้ก๊าซธรรมชาติระบบเชื้อเพลิงร่วมในเครื่องยนต์ดีเซล
โดย	นายพงศธร บวรสิน
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรชัย หงษ์อุเทน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สถาพร สุปรีชากร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณัฐเดช เพื่องวรวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พงศธร บวรสิน : การศึกษาผลการใช้ก๊าซธรรมชาติระบบเชื้อเพลิงร่วมในเครื่องยนต์ดีเซล. (THE STUDY OF USING NATURAL GAS IN A DUAL FUEL DIESEL ENGINE) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.คณิต วัฒนวิเชียร, 389 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมกับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งมีผลต่อสมรรถนะ สภาวะการทำงาน ค่าควันดำ ความทนทานของเครื่องยนต์ และผลกระทบต่อเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริงต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดยแบ่งการวิจัยออกเป็นสองส่วน ดังนี้

ส่วนแรก เป็นการทดสอบเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้สภาวะควบคุมโดยใช้รถตู้รุ่นเดียวกันจำนวน 2 คัน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ 1.การทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะคงตัว ความเร็วรถคงที่ พบว่าที่สภาวะภาระสูงสุด รถตู้ทั้งสองคันมีค่ากำลังเบรกใกล้เคียงกัน โดยในบางความเร็วทดสอบ รถตู้ระบบเชื้อเพลิงร่วมมีค่ากำลังเบรกสูงกว่ารถตู้ดีเซล โดยความแตกต่างสูงสุดมีค่าร้อยละ 8.34 อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ อุณหภูมิไอเสีย และค่าควันดำมีค่าสูงกว่ารถตู้ดีเซล ส่วนที่สภาวะภาระบางส่วน อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ อุณหภูมิไอเสีย มีค่าสูงกว่ารถตู้ดีเซล และค่าควันดำมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าต่ำกว่าในบางจุดทดสอบ 2.การทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวม อุณหภูมิไอเสีย อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลมีแนวโน้มสูงขึ้นตามความเร็วรถที่สูงขึ้น โดยอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมของรถตู้ระบบเชื้อเพลิงร่วมมีค่าสูงกว่ารถตู้ดีเซลร้อยละ 13.42-24.45 และอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรถเพิ่มขึ้น 3.การทดสอบความทนทานโดยการขับรถตู้ 2 คัน ตามกันบนถนนจริงเป็นระยะทาง 40000 กิโลเมตร พบว่า อัตราสิ้นเปลืองพลังงานของรถตู้ทั้งสองคันมีแนวโน้มเช่นเดียวกันตลอดการทดสอบ โดยรถตู้ระบบเชื้อเพลิงร่วมและรถตู้ดีเซลมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานเฉลี่ย 4.85 และ 4.04 MJ/km ตามลำดับ ค่าควันดำของรถตู้ระบบเชื้อเพลิงร่วมมีค่าต่ำกว่ารถตู้ดีเซล โดยค่าควันดำของรถตู้ทั้งสองมีแนวโน้มคงที่ตลอดการทดสอบ ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น พบว่าน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและไนเตรชันสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซล สำหรับปริมาณโลหะจากการสึกหรอที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทั้งสองเครื่องยนต์

ส่วนที่สอง เป็นการติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริงเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร พบว่าเครื่องยนต์ในรถกระบะมีแนวโน้มของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงคงที่ ค่าควันดำมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น ไม่พบความผิดปกติของคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่น และความผิดปกติของปริมาณโลหะปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ระหว่างการติดตามผล สำหรับเครื่องยนต์ในรถหัวลากจำนวน 6 คัน พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานมีแนวโน้มคงที่ และค่าควันดำมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น พบว่าคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก มีค่าความหนืดลดลงตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น และพบปริมาณทองแดงที่สูงขึ้นอย่างผิดปกติเนื่องจากการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

สรุปได้ว่าการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานที่สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซล จึงส่งผลต่อภาระที่สูงกว่าของน้ำมันหล่อลื่น อันส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพ อาทิ ค่าความหนืด เนื่องจากกระบวนการออกซิเดชัน และไนเตรชันของน้ำมันหล่อลื่นแต่ยังไม่ถึงระดับที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งานของเครื่องยนต์ในระยะยาว

ภาควิชา .....วิศวกรรมเครื่องกล.....ลายมือชื่อนิสิต.....พงศธร บวรสิน.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2550.....

4870602121 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: NATURAL GAS/ DUAL DIESEL FUEL / OIL ANALYSIS

PONGSATORN BORWORNSIN : THE STUDY OF USING NATURAL GAS IN A DUAL FUEL DIESEL ENGINE. THESIS ADVISOR : ASSC. PROF. KANIT WATTANAVICHIEN, Ph.D. , 389 pp.

The investigation is aimed to compare performance, smoke and durability of dual fuelled engine with diesel engine, and effects of dual fuelled engine's durability in real usage. The investigation is devided into two parts.

First part, using the same model vans, is engine performance comparative test between dual fuelled engine and diesel engine in a control condition. This part was devided into three parts. 1. Performance test on chassis dynamometer with constant speed and steady state conditions, at full load, was found that brake power of van using DDF is not different to van using diesel but some test speeds van using DDF has more brake power than van using diesel about 8.34%. Specific Total Energy Consumption (STEC), exhaust gas temperature and smoke in van using DDF are higher than in van with diesel in full load. At part load, STEC, Exhaust gas temperature of van using DDF are higher than in van using diesel and smoke of van using DDF is not difference from the van using diesel. 2. Constant speed Road test, it was found that STEC, exhaust temperature, diesel consumption trend to be increased as velocity were increased. Energy consumption from van using DDF is higher than van using diesel ranging from 13.42-24.45%. Diesel substitute trends become decreasing as the velocities are increased. 3.Durability test for 40000 kms, by driving one van following the other van, it was found that energy consumption trends of both van are similar. Average consumption from van using DDF and van using diesel is ranging between 4.85 and 4.04 MJ/km. Exhaust smoke from a van using DDF is higher than a van using diesel. The result from lubrication monitoring has shown that lube oil in a van using DDF had higher oxidation and nitration rate than van using diesel, but metal wear contamination was not significantly observed.

Second part is about engine's durability monitoring of dual fuelled engine in real uses for 20000 kms. With a pickup truck, it was found that fuel consumption has constant trend but smoke is slightly higher than an initial condition. The results from lubrication test has shown that lube oil had no abnormal in wear contamination and lube oil properties. For six DDF trailors, we found that energy consumption trends are also constant. Smoke is, however, increased as lube oil working hours are increased. The result from lubrication test has shown that, with longer service hours, oil's viscosity is decreasing and copper contamination is higher than abnormal due to the degradation of lube oil properties.

We can conclude that, with DDF, the higher energy consumption than using diesel the higher in lubrication oil's thermal load that may caused oil's degradtion such as lower viscosity, higher oxidation and nitration. However, these are not approached the level that may affect the engine long term usage.

Department.....Mechanical Engineering..... Student's signature.....

Field of study...Mechanical Engineering..... Advisor's signature Kanit Wattanavichien

Academic year ..... 2007.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำ ร่วมติดตามการทดสอบอย่างใกล้ชิดในทุกขั้นตอนจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อทุนวิจัย บริษัท ทาคูนิ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการติดตั้งและข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ก๊าซธรรมชาติในรถยนต์ บริษัท ธารสุวรรณ จำกัด และบริษัท ทีไลน์ทรานสปอร์ต จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์รถหัวลากที่ใช้ในงานวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย คุณธนันต์ สิริสิทธิโชติ ผู้จัดการใหญ่ บริษัท โฟคัสแลบบอราทอรีส์ จำกัด ที่สละเวลาในการให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาในข้อมูลเกี่ยวกับการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

ขอขอบคุณ คุณวสุนธรา ทับทิมแท้, คุณกาญ ร่มพล, คุณสุวัช คำแฝด, คุณจักร์กฤช ตั้งรัตนโสภณ, คุณวาทิต ตั้งพิสิฐโยธิน และรุ่นน้องทุกคนที่ห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องยนต์สันดาปภายในทุกคน รวมถึงเพื่อนนิสิตปริญญาโท และรุ่นพี่ที่สำเร็จการศึกษาแล้ว ที่ช่วยทำการทดสอบเครื่องยนต์และให้การช่วยเหลืออื่นๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ที่ให้การสนับสนุนในทุกด้าน ทั้งคำปรึกษา และกำลังใจ จนผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฏ
สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์ ..... ว

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรม 4
2.1 ก๊าซธรรมชาติ(Natural Gas) 4
2.1.1 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ 4
2.1.1.1 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) 5
2.1.1.2 ขีดจำกัดการติดไฟ (Flammability limit) 5
2.1.1.3 ค่าความร้อน (Heating Value) 6
2.1.1.4 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี (Stoichiometric ratio) 6
2.1.1.5 Wobbe Index 6
2.1.1.6 เลขออกเทน 7
2.1.1.7 กลิ่น, สีและความเป็นพิษ 7
2.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซล 7
2.2.1 เลขซีเทน (Cetane Number) 7
2.2.2 ค่าการกลั่น (Distillation) 8
2.2.3 ความหนาแน่น (Density) 9

หน้า

2.2.4 ความหนืด (Viscosity) 9
2.2.5 จุดไหลเท (Pour Point) 10
2.2.6 จุดหมอก (Cloud Point) 10
2.2.7 คุณสมบัติการหล่อลื่น (Lubricity) 10
2.2.8 คุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำของเชื้อเพลิงดีเซล 10
2.2.9 เสถียรภาพของเชื้อเพลิงดีเซล 10
2.2.10 ปริมาณกำมะถัน (Sulphur Content) 11
2.2.11 ปริมาณอะโรมาติก (Aromatic Content) 12
2.2.12 ปริมาณน้ำและตะกอน (Water and Sediment Content) 12
2.2.13 จุดวาบไฟ (Flash Point) 12
2.3 ผลจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่อคุณสมบัติและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ... 13
2.4 เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด 14
2.4.1 ระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด 14
2.4.1.1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง 15
2.4.1.2 ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม 15
2.4.2 ปรากฏการณ์ของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด 15
2.4.3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้กำหนดสมรรถนะของเครื่องยนต์ 17
2.4.4 กำลังที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์บนถนนในแนวระดับ 18
2.5 การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร 18
2.5.1 ประเภทของการเสื่อมสภาพ 19
2.5.1.1 การเสื่อมสภาพตามเวลา 19
2.5.1.2 การเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา 19
2.5.2 การจำแนกกลไกการสึกหรอ 21
2.5.2.1 กลไกการสึกหรอแบบยึดติด 22
2.5.2.2 การสึกหรอแบบขูดขีด 22
2.5.2.3 การสึกหรอจากการล้าตัวของวัสดุ 23
2.5.2.4 การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมี 24
2.6 สารหล่อลื่น 25
2.6.1 คุณสมบัติที่สำคัญๆ ของสารหล่อลื่น 25

หน้า

2.6.1.1 ความหนืด (Viscosity) 25
2.6.1.2 การต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น 26
2.7 การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว 27
2.7.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วจากเครื่องยนต์ 27
2.7.2 การทดสอบหาค่าความหนืด 28
2.7.3 ค่าตัวเลขรวมความเป็นด่าง (TBN) 29
2.7.4 การวิเคราะห์ด้วยสเปคโตรมิเตอร์ 29
2.7.5 การวิเคราะห์ด้วยวิธีเฟอร์โรกราฟฟี 30
2.7.5.1 การวิเคราะห์อนุภาคการสึกหรอ 32
2.7.5.2 การศึกษาอนุภาคการสึกหรอเชิงจุลภาค 32
2.7.6 การวิเคราะห์ด้วยวิธี FTIR 33
2.7.6.1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย FTIR 33
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวกับก๊าซธรรมชาติในระบบเชื้อเพลิงร่วม 36
2.8.1 ลักษณะการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดระบบเชื้อเพลิงคู่ 37
2.8.1.1 ช่วงก่อนการ pilot 37
2.8.1.2 เมื่อเกิดการ pilot 37
2.8.1.3 การจุดระเบิด 37
2.8.2 ปัญหาที่พบจากการใช้เครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ 42
2.8.2.1 ที่สภาวะภาระต่ำ (low load) 42
2.8.2.2 ที่สภาวะภาระปานกลาง (medium load) 44
2.8.2.3 ที่สภาวะภาระสูงถึงสูงสุด (high load) 45
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 47
3.1 การทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม 48
3.1.1 การทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer 48
3.1.2 การทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 49
3.1.3 การทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง 49

หน้า

3.2 การติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง 49
บทที่ 4 อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย 50
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม 50
4.1.1 รถต้นที่ใช้ในการทดสอบ 50
4.1.2 อุปกรณ์ในการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ 51
4.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ 58
4.1.4 อุปกรณ์วัดความดันลมยาง 60
4.1.5 อุปกรณ์ในการทดสอบสมรรถนะของรถต้นที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถต้นที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer 60
4.1.5.1 แท่นทดสอบสมรรถนะรถยนต์ Chassis Dynamometer 61
4.1.5.2 อุปกรณ์วัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 63
4.1.5.3 อุปกรณ์วัดควันดำ 64
4.1.5.4 อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ 66
4.1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 66
4.1.6.1 อุปกรณ์วัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 66
4.1.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่ในสภาวะแวดล้อมจริง 66
4.1.7.1 อุปกรณ์วัดค่าควันดำ 66
4.1.7.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น 68
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง 68
4.2.1 รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ 68
4.2.1.1 รถกระบะที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วม 69
4.2.1.2 รถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วม 73
4.2.1.3 รถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วม 80

หน้า

4.2.2 อุปกรณ์วัดค่าควันดำ 87
4.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น 87
บทที่ 5 วิธีการทดสอบ 88
5.1 วิธีการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม 88
5.1.1 วิธีการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer 88
5.1.1.1 วิธีการทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะภาระสูงสุด 89
5.1.1.2 วิธีการทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะภาระบางส่วน 90
5.1.2 วิธีการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 91
5.1.3 วิธีการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง 93
5.2 วิธีการติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง 95
5.2.1 วิธีการติดตามผลการใช้งานภายใต้สภาวะการใช้งานจริงของรถกระบะเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร 96
5.2.2 วิธีการติดตามผลการใช้งานภายใต้สภาวะการใช้งานจริงของรถหัวลากเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร 97
บทที่ 6 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล 101
6.1 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล 101
6.1.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer 101
6.1.1.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะภาระสูงสุด 101
6.1.1.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะภาระบางส่วน 110

หน้า

6.1.2 ผลการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 131
6.1.2.1 ผลของอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 131
6.1.2.2 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 132
6.1.2.3 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 134
6.1.2.4 อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 135
6.1.2.5 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 136
6.1.2.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 137
6.1.3 ผลการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง 138
6.1.3.1 ผลของอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ 138
6.1.3.2 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ 139
6.1.3.3 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ 140
6.1.3.4 อุณหภูมิไอเสียระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์. 140
6.1.3.5 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ 141
6.1.3.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ 142
6.1.3.7 ค่าควันดำระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ 143
6.1.4.8 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น 144
6.2 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง 158

หน้า

6.2.1 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทาน ของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ 158
6.2.2 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทาน ของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก 158
6.2.2.1 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทาน ของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 159
6.2.2.2 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทาน ของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 159
บทที่ 7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 160
7.1 สรุปผลการวิจัย 160
7.1.1 สรุปผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม 160
7.1.1.1 สรุปผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer 160
7.1.1.2 สรุปผลการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 160
7.1.1.3 สรุปผลการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง 161
7.1.2 สรุปผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทาน ของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง 161
7.2 ข้อเสนอแนะ 162
7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อเนื่อง 162
รายการอ้างอิง 163
บรรณานุกรม 165
ภาคผนวก 166
ภาคผนวก ก คุณสมบัติทางทฤษฎีของก๊าซผสม 167
ภาคผนวก ข ผลการติดตามรถยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง 173

หน้า

ภาคผนวก ค ข้อมูลผลการทดสอบ 193
ภาคผนวก ง ข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น 292
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 389

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2-1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ 5
4-1 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของรถตู้ที่ใช้ในการทดสอบ 51
4-2 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของ Chassis Dynamometer 62
4-3 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของรถกระบะที่ใช้ในการทดสอบ 69
4-4 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่ใช้ในการทดสอบ..... 74
4-5 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA ที่ใช้ในการทดสอบ..... 81
5-1 Road Load Power จากการคำนวณที่ความเร็วคงที่บนทางราบ..... 91
5-2 แสดงรายละเอียดเส้นทางการเดินทางของรถหัวลาก 99
6-1 แสดงช่วงการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลในรถตู้..... 145
ก-1 แสดงคุณสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและก๊าซเฉื่อย 169
ก-2 แสดงสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก๊าซ..... 170
ข-1 แสดงช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน..... 176
ข-2 แสดงอุณหภูมิสูงสุดจากการใช้งานจริงของรถหัวลาก HINO รุ่น ZM500..... 180
ค-1 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometer ที่ความเร็ว 60 km/h 193
ค-2 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 70 km/h 195
ค-3 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 80 km/h 197
ค-4 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 90 km/h 199
ค-5 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 100 km/h ... 201
ค-6 แสดงข้อมูลจากการทดสอบที่ความเร็วคงที่ในสภาวะแวดล้อมจริงจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 203

ตาราง หน้า

ค-7 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล 205
ค-8 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 207
ค-9 แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล 210
ค-10 แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 212
ค-11 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 215
ค-12 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะลน4335และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 219
ค-13 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะ ลน4335และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 221
ค-14 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 224
ค-15 แสดงข้อมูลอุณหภูมิของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 เมื่อใช้น้ำมันดีเซลวันที่ 30 ม.ค.50 225
ค-16 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 10 ก.พ.50 226
ค-17 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 11 ก.พ.50 228
ค-18 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 15 ก.พ.50 233
ค-19 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 16 ก.พ.50 236

ตาราง หน้า

ค-20 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของ
รถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 18 ก.พ.50 239
ค-21 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของ
รถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 19 ก.พ.50 242
ค-22 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของ
รถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 20 ก.พ.50 245
ค-23 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของ
รถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 28 ก.พ.50 250
ค-24 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของ
รถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 2 มี.ค.50 253
ค-25 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของ
รถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 4 มี.ค.50 255
ค-26 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของ
รถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 7 มี.ค.50 260
ค-27 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผล
การใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 263
ค-28 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผล
การใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3427 267
ค-29 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผล
ผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3435..... 271
ค-30 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผล
การใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3440 275
ค-31 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผล
การใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3441 279
ค-32 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผล
การใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3445 284
ค-33 แสดงข้อมูลค่าความดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถหัวลาก . 288

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2-1 โค้งการกลั่น(Distillation curve) ของเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไป 8

2-2 แสดงอัตราการปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง และช่วงการเผาไหม้แบบต่างๆ 15

2-3 แสดงอัตราการฉีดเชื้อเพลิงและอัตราการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล 3 แบบ..... 16

2-4 กราฟแสดงการเสื่อมสภาพตามเวลา..... 19

2-5 กราฟแสดงการเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา..... 20

2-6 แสดงกลไกการสึกหรอแบบต่าง ๆ..... 20

2-7 แสดงพื้นผิวที่แท้จริงในระดับจุลภาค..... 21

2-8 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบยึดติด..... 22

2-9 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบขูดขีด..... 23

2-10 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบล้าตัว 24

2-11 ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นกับการใช้งาน..... 26

2-12 แสดงเครื่องมือวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น (ASTM D-445) 28

2-13 แสดงกระบวนการเฟอร์โรกราฟฟี..... 30

2-14 แสดงแผ่นสไลด์ที่ใช้ในกระบวนการเฟอร์โรแกรม..... 31

2-15 แสดงปริมาณการดูดซับรังสีอินฟาเรดในแต่ละช่วงความถี่ ของน้ำมันหล่อลื่น..... 34

2-16 แสดงการเปรียบเทียบค่าการดูดซับของน้ำมันใหม่กับน้ำมันที่มีเชื้อเพลิงปนเปื้อน..... 35

2-17 แสดงช่วงความถี่จำเพาะที่น้ำสามารถดูดซับรังสีอินฟาเรดได้ 36

2-18 แสดงบริเวณต่างๆของ Charge ภายในห้องเผาไหม้เครื่องยนต์จุดระเบิดเชื้อเพลิงคู่..... 38

2-19 แสดงแผนผังกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ DDF 40

2-20 แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณความดันในกระบอกสูบ(แนวเส้นทึบ)และผลจากการทดสอบที่อัตราส่วนสมมูลรวมเท่ากับ 0.77 (สี่เหลี่ยม) และ 0.435 (สามเหลี่ยม) ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่ใช้มีเทนเป็นเชื้อเพลิง..... 41

2-21 แสดงผลการคำนวณอัตราการปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ ที่อัตราส่วนสมมูล a) 0.43 และ b) 0.77..... 41

2-22 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรก และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงคู่ที่ ¼ load……42

ภาพประกอบ หน้า

2-23 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรก และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงคู่ที่ 50% load....44
2-24 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรก และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ แบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม(IDI) ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงคู่ ที่ภาระสูงสุด (100% load)....45
3-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน....47
4-1 (ก)รถตู้ที่ใช้ในการทดสอบ (ข)เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ....50
4-2 แสดงแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งเพิ่มเติมในรถยนต์ทดสอบ....52
4-3 แสดงภาพถังก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถตู้....53
4-4 (ก)อุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซ CNG (ข) อุปกรณ์ปรับลดความดันที่ติดตั้งในรถตู้....54
4-5 แสดงภาพอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่ติดตั้งในรถตู้....54
4-6 แสดงภาพสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถตู้....55
4-7 แสดงภาพเกจวัดความดันที่ติดตั้งในรถตู้....55
4-8 แสดงภาพหัวรับเติมก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถตู้....56
4-9 แสดงภาพบอลวาล์วที่ติดตั้งในรถตู้....56
4-10 แสดงภาพท่อก๊าซแบบ High Pressure....57
4-11 แสดงภาพท่อก๊าซแบบ Low Pressure....57
4-12 แสดงภาพท่อน้ำ....58
4-13 แสดงภาพตัวอ่านค่าอุณหภูมิ และชุดเพิ่มตำแหน่งการอ่านค่าอุณหภูมิ....59
4-14 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิอากาศเข้าที่ท่อไอดีและไอเสียบริเวณผิวท่อไอเสีย....59
4-15 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ ที่ทางน้ำเข้าและน้ำออกจากเครื่องยนต์....59
4-16 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นและอุณหภูมิบรรยากาศบริเวณช่องรับลมของกันชนหน้า....60
4-17 แสดงอุปกรณ์วัดแรงดันลมยาง....60
4-18 แสดงภาพ Chassis Dynamometer ในห้องทดสอบ....61
4-19 แสดงภาพ Double-Roll Electric Dynamometer....61
4-20 (ก) ชุดควบคุมและชุดแสดงผลข้อมูล Chassis Dynamometer
(ข) Remote Control สำหรับปรับตั้งค่า Chassis Dynamometer....62

ภาพประกอบ หน้า

4-21 แสดงภาพพัดลมที่ใช้สร้างลมจำลองให้กับรถยนต์ทดสอบ 62
4-22 แสดงอุปกรณ์วัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ติดตั้งเพิ่มเติมในรถยนต์ทดสอบ 63
4-23 แสดงแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่ติดตั้งแทนระบบเดิมในรถยนต์ทดสอบ 64
4-24 (ก) ชุดเครื่องวัดค่าควันดำประกอบไปด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างควันรุ่น DX.210-1B (ข) เครื่องแสดงค่าควันดำรุ่น DX.210-2A..... 65
4-25 แสดงไดแกรมการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างควัน 65
4-26 (ก)แสดงภาพบารอมิเตอร์ (ข)แสดงภาพเทอร์โมมิเตอร์ 66
4-27 ชุดเครื่องมือวัดค่าควันดำ ประกอบไปด้วยปั๊มดูดไอเสีย รุ่น ETD 020.00 (ซ้าย) เครื่องอ่านค่าควันดำ รุ่น ETD020.50 (ขวา) 67
4-28 แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น 68
4-29 แสดงภาพรถกระบะและเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ 69
4-30 แสดงภาพถังก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถกระบะ..... 70
4-31 แสดงภาพอุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถกระบะ..... 71
4-32 แสดงภาพอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่ติดตั้งในรถกระบะ..... 72
4-33 แสดงภาพสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถกระบะ..... 72
4-34 แสดงภาพหัวรับเติมก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถกระบะ 73
4-35 แสดงภาพรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่ใช้ในการทดสอบ..... 73
4-36 แสดงภาพเครื่องยนต์ EP100T ที่ใช้ในการทดสอบ 74
4-37 แสดงภาพถังก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500..... 75
4-38 แสดงภาพอุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500..... 76
4-39 แสดงภาพอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 76
4-40 แสดงภาพสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500..... 77
4-41 แสดงภาพเกจวัดความดันที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 77
4-42 แสดงภาพหัวรับเติมก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500..... 78
4-43 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิอากาศเข้าที่ท่อไอดีและไอเสียบริเวณผิวท่อไอเสีย..... 79
4-44 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ ที่ทางน้ำเข้าและน้ำออกจากเครื่องยนต์..... 79

ภาพประกอบ หน้า

4-45 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นและอุณหภูมิบรรยากาศบริเวณช่องรับลมด้านหน้ารถ 79
4-46 แสดงภาพรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA และเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ 80
4-47 แสดงภาพถังก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 82
4-48 แสดงภาพโซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 83
4-49 แสดงภาพรีเลย์ที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 84
4-50 แสดงภาพอุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 84
4-51 แสดงภาพอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 85
4-52 แสดงภาพสวิตช์ควบคุมการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA .. 85
4-53 แสดงภาพเกจวัดความดันที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 86
4-54 แสดงภาพหัวรับเติมก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 86
5-1 แสดงแผนผังตำแหน่งรถตู้ทดสอบบนอุปกรณ์ Chassis Dynamometer และตำแหน่งเครื่องวัดควันดำ 89
5-2 แสดงจุดที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระบางส่วน 90
5-3 แสดงเส้นทางที่ใช้ในการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่ 92
5-4 แสดงเส้นทางที่ใช้ในการทดสอบความทนทาน 94
5-5 แสดงเส้นทางการเดินทางของรถหัวลาก 98
6-1 แสดงผลเปรียบเทียบค่ากำลังเบรกและอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ. 102
6-2 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 103
6-3 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่สภาวะภาระสูงสุดระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 104
6-4 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 105
6-5 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 106

ภาพประกอบ หน้า

6-6 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ.....107
6-7 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 107
6-8 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 108
6-9 แสดงผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ.....109
6-10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะกับกำลังเบรกของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ.....110
6-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะกับกำลังเบรกของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 112
6-12 แสดงผลเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ... 114
6-13 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 116
6-14 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 118
6-15 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 120
6-16 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 123
6-17 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 125
6-18 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 127
6-19 แสดงผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 129

ภาพประกอบ หน้า

6-20 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ ด้วยอัตราทดเกียร์ 4..... 131
6-21 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ ด้วยอัตราทดเกียร์ 5..... 132
6-22 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ที่อัตราทดเกียร์ 4 133
6-23 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ที่อัตราทดเกียร์ 5 133
6-24 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่อัตราทดเกียร์ 4 134
6-25 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่อัตราทดเกียร์ 5 135
6-26 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะความเร็วคงที่ ในสภาวะแวดล้อมจริง..... 136
6-27 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะความเร็วคงที่ ในสภาวะแวดล้อมจริง..... 136
6-28 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะความเร็วคงที่ ในสภาวะแวดล้อมจริง..... 137
6-29 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 138
6-30 แสดงค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 139
6-31 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 140
6-32 แสดงอุณหภูมิไอเสียระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 141
6-33 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 142
6-34 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 143
6-35 แสดงค่าควันดำระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ..... 144

ภาพประกอบ หน้า

6-36 แสดงค่าคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 147
6-37 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถตู้ 150
6-38 แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ 153
6-39 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติตลอดการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ 156
ข-1 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ 174
ข-2 แสดงค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ 175
ข-3 แสดงคุณสมบัติในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ 176
ข-4 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ 177
ข-5 แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมรถกระบะที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน 177
ข-6 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นตลอดการติดตามผลการใช้งานความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ 178
ข-7 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 179
ข-8 แสดงค่าควันดำตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก ยี่ห้อ Hino รุ่น ZM500 180
ข-9 แสดงค่าคุณสมบัติในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 181

ภาพประกอบ หน้า

ข-10 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งาน ต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 183
ข-11 แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์รถหัวลาก Hino รุ่น ZM500ที่ ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน 184
ข-12 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อ ความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 184
ข-13 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งาน ต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA.. 185
ข-14 แสดงค่าแนวโน้มอัตราสิ้นเปลืองพลังงานกับน้ำหนักบรรทุกระหว่างการติดตามผล การใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก 187
ข-15 แสดงค่าควันดำตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ ระบบเชื้อเพลิงร่วมของรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA โดยวิธีวัดแบบที่ 1 187
ข-16 แสดงค่าควันดำตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ ระบบเชื้อเพลิงร่วมของรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA โดยวิธีวัดแบบที่ 2 188
ข-17 แสดงคุณสมบัติในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน ของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 189
ข-18 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งาน ต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 190
ข-19 แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์รถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA ที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน 191
ข-20 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นตลอดการติดตามผลการใช้งาน ต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA 192
ง-1 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 0 ถึง 1826 กิโลเมตร 294
ง-2 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 3057 ถึง 4231 กิโลเมตร 295
ง-3 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 5085 ถึง 6058 กิโลเมตร 296

ภาพประกอบ หน้า

ง-4 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 6820 ถึง 8911 กิโลเมตร..... 297

ง-5 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 9561 ถึง 10626 กิโลเมตร..... 298

ง-6 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 12025 ถึง 13750 กิโลเมตร..... 299

ง-7 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 15135 ถึง 17178 กิโลเมตร..... 300

ง-8 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 17871 ถึง 18896 กิโลเมตร..... 301

ง-9 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 20001 ถึง 20699 กิโลเมตร..... 302

ง-10 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 21399 ถึง 22808 กิโลเมตร..... 303

ง-11 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 23545 ถึง 24994 กิโลเมตร..... 304

ง-12 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 24994 ถึง 27071 กิโลเมตร..... 305

ง-13 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 27785 ถึง 29009 กิโลเมตร..... 306

ง-14 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 29009 ถึง 31154 กิโลเมตร..... 307

ง-15 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 31890 ถึง 33708 กิโลเมตร..... 308

ง-16 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 33708 ถึง 35463 กิโลเมตร..... 309

ง-17 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 36038 ถึง 37330 กิโลเมตร..... 310

ภาพประกอบ หน้า

ง-18 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 38014 ถึง 39208 กิโลเมตร..... 311
ง-19 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 39832 ถึง 41227 กิโลเมตร..... 312
ง-20 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 ถึง 803 กิโลเมตร.... 313
ง-21 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง
1824 ถึง 3056 กิโลเมตร 314
ง-22 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง
4232 ถึง 6062 กิโลเมตร 315
ง-23 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง
6062 ถึง 7754 กิโลเมตร 316
ง-24 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง
8914 ถึง 9564 กิโลเมตร 317
ง-25 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง
10631 ถึง 13056 กิโลเมตร 318
ง-26 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง
13761 ถึง 15147 กิโลเมตร 319
ง-27 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน
อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง
15147 ถึง 17194 กิโลเมตร 320

ภาพประกอบ หน้า

ง-28 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17889 ถึง 19151 กิโลเมตร 321
ง-29 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 19881 ถึง 20578 กิโลเมตร 322
ง-30 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 21280 ถึง 22689 กิโลเมตร 323
ง-31 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 23424 ถึง 24875 กิโลเมตร 324
ง-32 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 24875 ถึง 27000 กิโลเมตร 325
ง-33 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 27719 ถึง 28955 กิโลเมตร 326
ง-34 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 28955 ถึง 31092 กิโลเมตร 327
ง-35 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 31821 ถึง 33621 กิโลเมตร 328
ง-36 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 33621 ถึง 35460 กิโลเมตร 329

ภาพประกอบ หน้า

ง-37 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 36036 ถึง 37329 กิโลเมตร 330
ง-38 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 38015 ถึง 39209 กิโลเมตร 331
ง-39 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 39841 ถึง 41237 กิโลเมตร 332
ง-40 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 กิโลเมตร 333
ง-41 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1002 ถึง 2917 กิโลเมตร. 334
ง-42 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 2917 ถึง 5375 กิโลเมตร 335
ง-43 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 6164 ถึง 6864 กิโลเมตร 336
ง-44 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 7815 ถึง 10006 กิโลเมตร 337
ง-45 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 10954 ถึง 11810 กิโลเมตร 338
ง-46 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 13031 ถึง 15292 กิโลเมตร. 339
ง-47 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 16020 ถึง 16811 กิโลเมตร. 340
ง-48 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17785 ถึง 20235 กิโลเมตร. 341
ง-49 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 ถึง 950 กิโลเมตร. 342

ภาพประกอบ หน้า

ง-50 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1886 ถึง 408 กิโลเมตร 343

ง-51 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 5028 ถึง 6901 กิโลเมตร 344

ง-52 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 7822 ถึง 10041 กิโลเมตร 345

ง-53 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 11004 ถึง 12844 กิโลเมตร 346

ง-54 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 13950 ถึง 16484 กิโลเมตร 347

ง-55 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17742 ถึง 20257 กิโลเมตร 348

ง-56 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 21523 ถึง 24030 กิโลเมตร 349

ง-57 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 กิโลเมตร 350

ง-58 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1290 ถึง 3363 กิโลเมตร. 351

ง-59 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 4649 ถึง 7415 กิโลเมตร. 352

ง-60 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 8866 ถึง 11192 กิโลเมตร. 353

ง-61 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 12222 ถึง 14055 กิโลเมตร. 354

ง-62 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 15093 ถึง 17171 กิโลเมตร 355

ง-63 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 18197 ถึง 20274 กิโลเมตร 356

ภาพประกอบ หน้า

ง-64 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 ถึง 1005 กิโลเมตร 357
ง-65 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1773 ถึง 4238 กิโลเมตร 358
ง-66 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับ ก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 5735 ถึง 7759 กิโลเมตร 359
ง-67 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับ ก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 9015 ถึง 11017 กิโลเมตร 360
ง-68 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับ ก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 12007 ถึง 14040 กิโลเมตร 361
ง-69 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับ ก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 15019 ถึง 16964 กิโลเมตร 362
ง-70 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับ ก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17939 ถึง 20401 กิโลเมตร 363
ง-71 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 ถึง 1071 กิโลเมตร. 364
ง-72 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 2117 ถึง 4471 กิโลเมตร 365
ง-73 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 5522 ถึง 7908 กิโลเมตร 366
ง-74 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 9475 ถึง 12001 กิโลเมตร 367
ง-75 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 13054 ถึง 14408 กิโลเมตร 368

ภาพประกอบ หน้า

ง-76 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 14008 ถึง 16576 กิโลเมตร 369
ง-77 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17643 ถึง 19751 กิโลเมตร 370
ง-78 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 20524 ถึง 22598 กิโลเมตร 371
ง-79 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 กิโลเมตร 372
ง-80 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1073 ถึง 3141 กิโลเมตร 373
ง-81 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 4163 ถึง 6223 กิโลเมตร 374
ง-82 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 7254 ถึง 9832 กิโลเมตร 375
ง-83 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 10837 ถึง 14004 กิโลเมตร 376
ง-84 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 14833 ถึง 15871 กิโลเมตร 377
ง-85 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 16902 ถึง 19005 กิโลเมตร 378
ง-86 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 20313 ถึง 23224 กิโลเมตร 379
ง-87 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 25062 ถึง 27123 กิโลเมตร 380
ง-88 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 28136 ถึง 30665 กิโลเมตร 381
ง-89 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445
ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 กิโลเมตร 382

ภาพประกอบ หน้า

ง-90 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 986 ถึง 3181 กิโลเมตร 383
ง-91 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 4632 ถึง 6611 กิโลเมตร 384
ง-92 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 7585 ถึง 10518 กิโลเมตร 385
ง-93 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 12040 ถึง 13997 กิโลเมตร 386
ง-94 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 14983 ถึง 16924 กิโลเมตร 387
ง-95 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 18162 ถึง 20399 กิโลเมตร 388

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญคำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	คำอธิบาย	หน่วย
abs	absorbance unit	
A/F	Air/fuel Ratio	kg air / kg fuel
$(A/F)_S$	Air/fuel Ratio ที่ stoichiometric	kg air / kg fuel
A_v	พื้นที่ด้านหน้าของรถ	m^2
bmep	Brake mean effective pressure	kPa
bsfc	Brake specific fuel consumption	g/kW-h
BDC	ตำแหน่งจุดศูนย์ตายล่าง	
C_D	สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศพลวัต	
C_r	สัมประสิทธิ์ความต้านทานการกลิ้งของล้อ	
EOI	จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง	
EP	end point	
FBP	final boiling point	
fmep	friction mean effective pressure	kPa
FTIR	fourier transform infrared spectroscopy	
g	ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.807	m/s^2
IBP	initial boiling point	
K	ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ และ เท่ากับ 2 สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	
$\dot{m}_f$	อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง	kg/s
m_f	มวลเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ต่อ 1 cycle ต่อสูบ	kg
N	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	rev/min
N_c	จำนวนกระบอกสูบของเครื่องยนต์	
N_{min}	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่น้อยที่สุด	rev/min
P_b	กำลังเบรก	kW
ppm	part per million	
Q	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ	m^3/min
Q_{HV}	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (heating value)	kJ/kg fuel
r_c	อัตราส่วนการอัด (compression ratio)	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ	คำอธิบาย	หน่วย
SEM	scanning electron microscope	
SF	safety factor	
SOC	จุดสิ้นสุดการเผาไหม้	^{o}CA
SOI	จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิง	^{o}CA
STEC	Specific Total Energy Consumption	MJ/kW-hr
S_v	อัตราเร็วรถยนต์	km/h
t	เวลา	s
T_b	แรงบิดเบรก	N-m
TBN	total base number	
TDC	ตำแหน่งจุดศูนย์ตายบน	
TPM	total particulate matter	
v	ความเร็ว	m/s
V	ปริมาตรที่ใช้วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	ml
V_d	Displaced volume	dm^3
V_s	ปริมาตรช่วงชักลูกสูบ	m^3
$\dot{V}$	อัตราการไหลโดยปริมาตร	ml/s
Z	ระดับความสูง	m
Δh	ผลต่าง Head ที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์	mm H_2O
Δp	ผลต่างความดัน	kPa
ϕ	Equivalent ratio	
γ_{air}	น้ำหนักจำเพาะของอากาศ	kg/m^2-s^2
η_{f_b}	Brake Fuel conversion efficiency	
η_v	Volumetric efficiency	
λ	Relative air/fuel ratio	
$\rho_{a,i}$	ความหนาแน่นของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์	kg/m^3
ρ_{air}	ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m^3
ρ_f	ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง	kg/m^3
ρ_{H_2O}	ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m^3
ω	ความเร็วเชิงมุม	rad/s

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

น้ำมันเชื้อเพลิงนับเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะน้ำมันดีเซล ซึ่งมีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลจำนวนมาก ทั้งในภาคการขนส่งและภาคการผลิต ประกอบกับราคาน้ำมันดีเซลที่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นในปัจจุบัน ทำให้มีความจำเป็นต่อการหาเชื้อเพลิงที่จะนำมาลดค่าใช้จ่ายมีมากขึ้น โดยก๊าซธรรมชาติก็เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากมีปริมาณมาก เป็นเชื้อเพลิงสะอาดและมีราคาถูกกว่าน้ำมันดีเซล จึงนับว่าเป็นทางเลือกที่ดีในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ โดยจะทำการศึกษาเกี่ยวกับผลในด้านสมรรถนะ มลภาวะ และผลกระทบของเครื่องยนต์ดีเซลในรถบรรทุกชนิดต่างๆ รวมถึงศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นและกำหนดแนวทางแก้ไขที่ถูกต้องในการนำไปใช้งานจริง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะ และค่าควันดำของรถตู้ ที่ใช้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

1.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ที่ความเร็วคงที่ ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดในรถตู้ ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ จากการทดสอบรถยนต์โดยการวิ่งบนถนน

1.2.3 ศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเครื่องยนต์โดยวิเคราะห์จากน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในรถตู้ ตลอดระยะเวลาการใช้งานและภาระการขับขี่ที่กำหนด

1.2.4 ศึกษาสมรรถนะ ค่าควันดำและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเครื่องยนต์โดยวิเคราะห์จากน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในรถกระบะ และรถบรรทุกขนาดใหญ่ จากการใช้งานจริงต่อเนื่อง

1.2.5 เสนอแนะแนวทางการแก้ไข และการนำเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติไปใช้อย่างเหมาะสม

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะและสภาวะเครื่องยนต์(อุณหภูมิ) อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และค่าควันดำ ที่จุดทำงาน ณ สภาวะคงตัว ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดในรถตู้ ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ จากการทดสอบบน Chassis Dynamometer

1.3.2 ศึกษาเปรียบเทียบสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์(อุณหภูมิ) และอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดในรถตู้ ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ จากการทดสอบรถยนต์โดยการวิ่งบนถนน

1.3.3 ศึกษาเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่าควันดำ และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเครื่องยนต์เนื่องจากการใช้งานต่อเนื่องระยะยาวโดยการจำลองการใช้งานและภาระการขับขี่บนถนนจริง ด้วยการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

1.3.4 ศึกษาและติดตามอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่าควันดำ ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดในรถบรรทุกที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ จากการใช้งานจริงต่อเนื่อง

1.3.5 ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเครื่องยนต์เนื่องจากการใช้งานต่อเนื่องระยะยาว ด้วยการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดในรถบรรทุกตลอดช่วงการใช้งานต่อเนื่อง

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ทำการทดสอบสมรรถนะของรถตู้เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่สภาวะคงตัวที่ความเร็วคงที่ต่างๆ บันทึกข้อมูลตัวแปรการทำงาน อาทิ อุณหภูมิเครื่องยนต์ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง และค่ามลพิษ (ควันดำ) โดยการทำการทดสอบบน Chassis Dynamometer

1.4.2 ทำการทดสอบรถตู้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่ต่างๆ บันทึกข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์ อาทิ อุณหภูมิเครื่องยนต์ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง โดยการทำการทดสอบรถยนต์โดยการวิ่งบนถนน

1.4.3 ทำการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องระยะยาว โดยการจำลองการใช้งานบนถนนจริงของรถตู้ บันทึกข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์(อุณหภูมิ) อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และค่าควันดำ

1.4.4 ทำการสุ่มตัวอย่างของน้ำมันหล่อลื่นจากการใช้งานระยะยาวของรถตู้

1.4.5 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ของการสุ่มน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์รถตู้ ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

1.4.6 เก็บค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์รถบรรทุกจากการใช้งานจริง

1.4.7 ทำการสุ่มตัวอย่างของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์รถกระบะ และรถบรรทุกจากการใช้งานจริง

1.4.8 ศึกษาวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากการใช้งานจริง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 จากการศึกษาจะช่วยให้ทราบพฤติกรรมการทำงานของรถตู้ และผลกระทบของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดในรถบรรทุก เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและก๊าซธรรมชาติร่วมกัน

1.5.2 เพื่อเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาถึงความเหมาะสมในการใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในเครื่องยนต์ดีเซลในรถบรรทุก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรม

2.1 ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas)[1]

ก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ก่อกำเนิดและสะสมตัวอยู่ใต้ผิวโลกนั้นมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ บางแหล่งประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนจำพวกมีเทนอย่างเดียว บางแหล่งประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนผสมกันหลายชนิด อันได้แก่ มีเทน อีเทน โพรเพน บิวเทน เพนเทน เฮกซ์เซน และอื่นๆ สัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของก๊าซแต่ละแหล่งที่พบ และเนื่องจากการที่ก๊าซธรรมชาติประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด ดังนั้นกระบวนการแยกจึงมิได้เพียงเพื่อใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น แต่ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างอื่นอีก ก๊าซมีเทนใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตปุ๋ย และอัดใส่ถังใช้เป็นเชื้อเพลิงรถโดยสาร (เชื้อเพลิง CNG) อีเทนและโพรเพนถูกใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ส่วนก๊าซปิโตรเลียมเหลว(Liquefied petroleum gas - LPG) ซึ่งประกอบด้วยโพรเพนเป็นส่วนใหญ่และบิวเทนจะใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม

องค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติโดยทั่วไปประกอบด้วยมีเทนตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป นอกจากนั้นเป็นสารไฮโดรคาร์บอนหนัก (Heavier hydrocarbon) เช่น อีเทน (C_2H_6) และโพรเพน (C_3H_8) และก๊าซเฉื่อย อาทิ CO_2 และ N_2 เป็นต้น ทั้งนี้องค์ประกอบของก๊าซที่ส่งมาตามระบบท่อมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของก๊าซที่มาจากแหล่งกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของก๊าซในระหว่างการจัดส่งในระบบท่อ คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติประกอบด้วย

2.1.1 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซที่สำคัญซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2-1 มีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ[2],[3],[12]

Properties	Gasoline	Diesel	Methane	CNG	Propane
1.Chemical Formula	$C_nH_{1.87n}$	$C_nH_{1.87n}$	CH_4	$C_{1.1}H_{2.6}O_{0.2}N_{0.08}$	C_3H_8
2. Density, 15°C (kg/l)	0.72–0.78	0.82-0.86	0.55	~0.78	0.51
3. LHV, MJ/kg	44.0	42.5	50.0	~33	46.4
4. Stoichiometric ratio, weight	14.6	14.5	17.2	11.6	15.67
5.Octane number (ON)					
- Research octane no.(RON)	92-98	-	>127	-	112
- Motor octane no.(MON)	80–90	-	122	~128	97
6. Autoignition Temperature (°C)	370	254	650	537	470

2.1.1.1 **ความถ่วงจำเพาะ**(Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะหรือแสดงเป็นความหนาแน่น โดยทั่วไปก๊าซธรรมชาติมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.7-0.8 จึงเบากว่าอากาศ ทำให้มีความปลอดภัยกว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่อรั่วไหลจะลอยขึ้นสู่ที่สูง ฟุ้งกระจายไปในอากาศ เนื่องจากก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทยมีปริมาณของอีเทนและโพรเพนสูงดังนั้นความหนาแน่นของก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทยจึงสูงกว่าของก๊าซธรรมชาติจากแหล่งพม่า

2.1.1.2 **ขีดจำกัดการติดไฟ** (Flammability limit)

ขีดจำกัดการติดไฟเป็นคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเชื้อเพลิง โดยเป็นส่วนผสมที่เปลวไฟภายในห้องเผาไหม้สามารถรักษาการแพร่กระจายของเปลวไฟ (Flame propagation) อยู่ได้โดยอิสระจากแหล่งจุดระเบิดภายนอก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยเฉพาะการใช้ขีดจำกัดส่วนผสมบางกับการทำงานเครื่องยนต์ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency)

เชื้อเพลิงที่จะเกิดการเผาไหม้ได้นั้นต้องผสมกับอากาศในอัตราส่วนผสมที่พอเหมาะซึ่งอยู่ภายในช่วงของส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศที่สามารถลุกไหม้ได้ เรียกว่า พิสัยการลุกไหม้โดยแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ (%) ของปริมาตรก๊าซต่อปริมาตรอากาศ สำหรับพิสัยการลุกไหม้ของก๊าซธรรมชาติมีค่า 5 ถึง 19 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 3-1 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันก๊าซโซลีน (1.4-7.6) จะเห็นว่าก๊าซธรรมชาติมีพิสัยการลุกไหม้กว้างกว่า ส่วนรายละเอียดการคำนวณขีดจำกัดการติดไฟแสดงในภาคผนวก ก

2.1.1.3 **ค่าความร้อน** (Heating value)

ค่าความร้อนที่สภาวะปกติของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสามารถคำนวณได้โดยอาศัยค่าผลรวมค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก๊าซไฮโดรคาร์บอนแต่ละตัว ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก

นอกจากนี้ยังต้องพิจารณา ความร้อนในการเผาไหม้ต่อหน่วยปริมาตรและต่อหน่วยน้ำหนักซึ่งมีผลต่อขนาดและน้ำหนักของถังบรรจุเชื้อเพลิงในยานยนต์ เพราะกำลังเครื่องยนต์ที่ได้แปรผันกับค่าความร้อนที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี (Stoichiometric ratio)

2.1.1.4 **อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี** (Stoichiometric ratio)

ในการปล่อยความร้อนจากเชื้อเพลิงนั้นจำเป็นต้องใช้ปริมาณอากาศที่เพียงพอ การที่อากาศไม่เพียงพอนั้นจะทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในกรณีที่อากาศเกินนั้นจะทำให้สูญเสียความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) การทราบปริมาณความต้องการอากาศทางทฤษฎี หรืออัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ทราบถึงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ สำหรับการเผาไหม้ทางทฤษฎีของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนใดๆ ที่มีสูตรเป็น C_aH_b กับอากาศสามารถเขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้

$$C_aH_b + \left(a + \frac{b}{4}\right)\left(O_2 + 3.773N_2\right) \rightarrow aCO_2 + \frac{b}{2}H_2O + 3.773\left(a + \frac{b}{4}\right)N_2 \quad (2\text{-}1)$$

อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีสำหรับเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติซึ่งมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดและก๊าซเฉื่อยเป็นองค์ประกอบ สามารถหาได้จากผลรวมของปริมาณความต้องการอากาศทางทฤษฎีของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแต่ละตัว ส่วนรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก

2.1.1.5 Wobbe index

พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับเชื้อเพลิงก๊าซ คือ Wobbe index หรือ Wobbe number ซึ่งเป็นการวัด Interchangeability ของก๊าซโดยมีความสัมพันธ์กับการวัดเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่ไหลผ่านออริฟิซ โดยก๊าซที่มีค่า Wobbe index เท่ากันสามารถใช้ทดแทนกันได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนอัตราส่วนสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ เมื่อกำหนดวิธีการจ่ายเชื้อเพลิงเหมือนกัน Wobbe index ของเชื้อเพลิงต่างๆ สามารถคำนวณหาได้จากองค์ประกอบที่มีอยู่ในก๊าซ ดังสมการ

$$W = H \Big/ \sqrt{S.G.} \quad (2\text{-}2)$$

เมื่อ H เป็นค่าความร้อนเชิงปริมาตรของก๊าซ และ S.G. คือความถ่วงจำเพาะของก๊าซ

ค่า Wobbe index เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความร้อนของปริมาณก๊าซที่ไหลผ่านออริฟิซ เนื่องจากการ metering เชื้อเพลิงก๊าซใช้พื้นฐานของออริฟิซ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่า Wobbe

index ของเชื้อเพลิงจะเป็นสัดส่วนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณพลังงานที่ไหลผ่าน (rate of energy flow) และยังมีผลต่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงด้วย [4]

2.1.1.6 **เลขออกเทน**

เป็นคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่แสดงความต้านทานการน็อกในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ การวัดค่าเหล่านี้แตกต่างกันหลายวิธี สำหรับน้ำมันก๊าซโซลีนและเชื้อเพลิงเหลว โดยทั่วไปใช้ค่า Research และ Motor octane number (RON และ MON) ในการบอกคุณสมบัตินี้ แต่สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซนั้นการใช้ค่า RON นี้ไม่เหมาะสมเนื่องจากค่าที่ได้ไม่แม่นยำพอตามที่มาตรฐาน ASTM (American society for testing and materials) ได้กำหนด [5]สำหรับก๊าซธรรมชาติที่มีความต้านทานการน็อกได้ดีกว่าน้ำมันก๊าซโซลีน ทำให้สามารถใช้อัตราส่วนการอัดสูงกว่าน้ำมันก๊าซโซลีน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์

2.1.1.7 **กลิ่น, สีและความเป็นพิษ**

ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งผลิตจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ดังนั้นในการขนส่งหรือในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติจึงต้องมีการเติมสารที่มีกลิ่นลงไปเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน เมื่อเกิดการรั่วไหลขึ้นจะสามารถได้กลิ่น และเตรียมการป้องกันได้

2.2 **คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซล**

คุณสมบัติของเชื้อเพลิง และผลกระทบต่อสมรรถนะและการใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซล ประกอบด้วย

2.2.1 **เลขซีเทน** (Cetane Number)

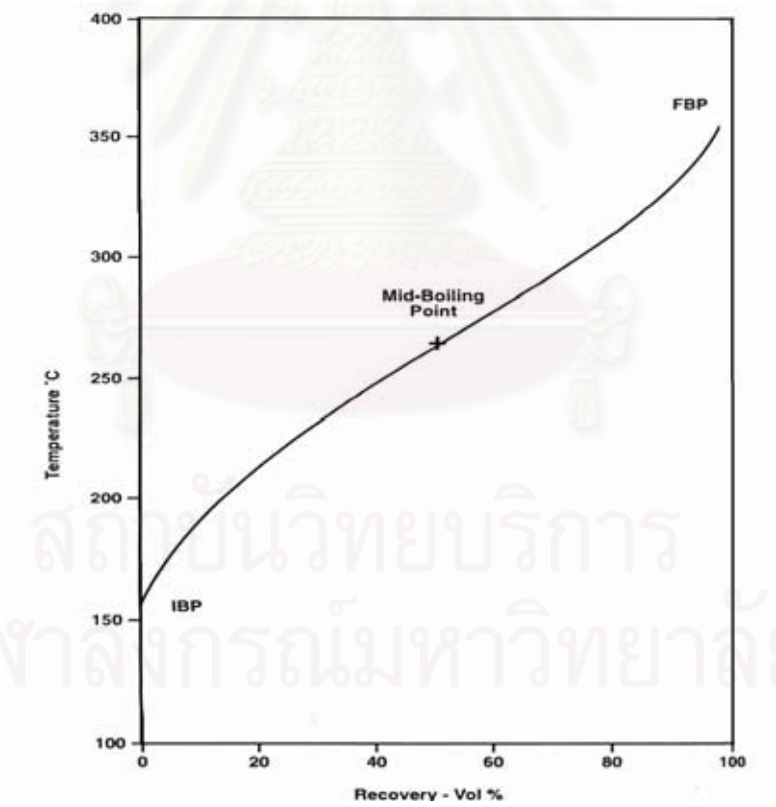
การวัดคุณภาพการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงดีเซลซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปคือเลขซีเทน การกำหนดค่าของเลขซีเทนถูกนิยามโดยการผสมกันของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์อ้างอิง 2 ชนิด ซึ่งได้แก่ cetane(n-hexadecane) ที่มีคุณสมบัติการจุดระเบิดสูงให้มีเลขซีเทนเป็น 100 และ isocetane หรือ heptamethyl nonane เป็น paraffin ที่มีกิ่งสาขามาก มีคุณสมบัติการจุดระเบิดต่ำ กำหนดให้มีเลขซีเทนเป็น 15 โดยใช้มาตรฐาน ASTM D613 ในการทดสอบ

$$\text{cetane number} = \%\ \text{n-cetane} + 0.15\ (\%\text{heptamethyl nonane}) \qquad (2\text{-}3)$$

เลขซีเทนนี้มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิง เช่น คุณสมบัติการสตาร์ทเครื่อง, มลภาวะ, ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุด และเสียงของเครื่องยนต์ เป็นต้น ผลดีของการที่เชื้อเพลิงมีเลขซีเทนสูง ได้แก่ เครื่องยนต์มีสมรรถนะสูง, เพิ่มคุณสมบัติการสตาร์ทเครื่องในขณะเย็น, ลดควันดำในช่วงการอุ่นเครื่องยนต์ , ลดเสียงดัง , ลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลพิษ แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการทดสอบเพื่อหาค่าเลขซีเทนนั้นสูง จึงได้มีการคำนวณ cetane index (CCI) ขึ้นมาเพื่อประมาณค่าคุณสมบัติการจุดระเบิดแทน โดยใช้ค่า API gravity และ mid-boiling temperature (50 % evaporated) ตามมาตรฐาน ASTM D976

2.2.2 **ค่าการกลั่น** (Distillation)

รายละเอียดที่ได้ระหว่างการกลั่นเชื้อเพลิง ได้แก่ initial boiling point (IBP), end point (EP) หรือ final boiling point (FBP), percent of condensate recovered และ percent residue of nonvolatile matter โค้งการกลั่นตัวของเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไปแสดงในรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 โค้งการกลั่น(Distillation curve) ของเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไป [6]

Distillation (การกลั่น หรือช่วงการเดือดของเชื้อเพลิง) มีผลต่อคุณสมบัติอื่นๆ รวมถึง ความหนาแน่น, จุดวาบไฟ, อุณหภูมิการจุดระเบิดด้วยตัวเอง, ความหนืด และเลขซีเทน Distillation ที่สูงจะ

ทำให้เกิด vapor lock และจุดวาบไฟที่ต่ำลง vapor lock จะทำให้เครื่องยนต์ misfire หรือเกิดความล้มเหลวในการติดเครื่องยนต์ใหม่หลังจากดับเครื่องยนต์ลงในช่วงเวลาสั้นในสภาวะร้อน แต่อย่างไรก็ตาม Distillation ที่สูงก็ยิ่งทำให้เชื้อเพลิงระเหยได้อย่างสมบูรณ์ในห้องเผาไหม้ แต่ผลที่ตามมาคือส่วนที่มีจุดเดือดสูงอาจเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดการสะสมรวมตัวในเครื่องยนต์และเพิ่มระดับควัน แต่อย่างไรก็ตาม ภายในช่วง 350 °C ถึง 400 °C ผลของ Distillation ที่ต่ำต่อไอเสียจะมีค่าน้อย อุณหภูมิที่กลั่นตัวไปแล้ว ร้อยละ50 (mid-boiling point) ของเชื้อเพลิงดีเซลมีผลอย่างชัดเจนต่อแนวโน้มของควันโดยผ่านทางผลต่อการฉีดและการผสมของเชื้อเพลิง และใช้สำหรับการคำนวณ cetane index ตามมาตรฐาน ASTM D976

ส่วนที่ Distillation สูงซึ่งอยู่ที่จุดต่ำสุดในโค้งในรูปที่ 2-1 ช่วยปรับปรุงการติดเครื่องขณะเย็นและการอุ่นเครื่อง ในขณะที่ส่วนที่ Distillation ต่ำที่ปลายด้านสูงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มการสะสมรวมตัว, ควัน และการสึกหรอ เนื่องจากเชื้อเพลิงระเหยยาก ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2.2.3 **ความหนาแน่น** (Density)

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงดีเซลให้ประโยชน์ในการบ่งชี้องค์ประกอบ และคุณลักษณะที่สัมพันธ์กับสมรรถนะ เช่น คุณภาพการจุดระเบิด, กำลัง, การประหยัดเชื้อเพลิง, คุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำ และแนวโน้มของควัน บางครั้งอาจแสดงความหนาแน่นเป็นความถ่วงจำเพาะ หรือ API gravity ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการกลั่นต่างๆ โดยประมาณแสดงดังต่อไปนี้ [6]

Straight-run distilled	805 – 870 kg/m^3
Hydrocracked gas oil	815 – 840 kg/m^3
Thermally cracked gas oil	835 – 875 kg/m^3
Catalytically cracked gas oil	930 – 965 kg/m^3

2.2.4 **ความหนืด** (Viscosity)

ความหนืดของของไหลบ่งบอกถึงความต้านทานการไหลของของไหลซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเชื้อเพลิงดีเซลเนื่องมาจากมันมีอิทธิพลต่อสมรรถนะของอุปกรณ์ฉีดเชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้นมุมกรวยสเปรย์ของหัวฉีดจะลดลง, การกระจายเชื้อเพลิงและ การพุ่งของสเปรย์ (spray penetration) ก็จะลดลงไปด้วย ในขณะที่ขนาดของหยดเชื้อเพลิง (droplet) ใหญ่ขึ้น ดังนั้นความหนืดจะมีผลต่อ injection timing ที่เหมาะสมสำหรับรูปร่างหัวฉีดและความดันการฉีดเชื้อเพลิงหนึ่งๆ นอกจากนี้ความหนืดจะมีอิทธิพลต่อปริมาณของเชื้อเพลิงที่ฉีดด้วย

เชื้อเพลิงดีเซลมักจะมีการกำหนดคุณสมบัติขอบเขตบนของความหนืดเพื่อให้แน่ใจว่ามีการไหลของเชื้อเพลิงที่เพียงพอสำหรับการติดเครื่องขณะเย็นและยังมีการกำหนดความหนืดต่ำสุดเพื่อ

ปกป้องการสูญเสียกำลังที่อุณหภูมิสูงด้วย เนื่องจากหากว่าเชื้อเพลิงมีค่าความหนืดต่ำมากเกินไปจะทำให้การพุ่งของสเปรย์ยาวเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดการเปียกที่ผนังห้องเผาไหม้ทำให้สูญเสียกำลังของเครื่องยนต์ได้

2.2.5 **จุดไหลเท** (Pour Point)

จุดไหลเท คือจุดที่อุณหภูมิต่ำสุดของเชื้อเพลิงที่ยังสามารถไหลได้ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ซึ่งการวัดนั้นใช้วิธี ASTM D-97 โดยมาตรฐานค่าจุดไหลเทของประเทศ ไทย ที่กำหนดโดยกระทรวงพาณิชย์นั้นกำหนดไว้ว่า จุดที่น้ำมันดีเซลต้องไหลได้ที่ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นอย่างต่ำ

2.2.6 **จุดหมอก** (Cloud Point)

จุดหมอกเป็นค่าที่บอกถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่เชื้อเพลิงเริ่มเป็นไขขัดขวางการไหลของน้ำมันซึ่งทำให้เกิดการอุดตันที่ไส้กรองน้ำมันได้ ทดสอบด้วยวิธี ASTM D2500

2.2.7 **คุณสมบัติการหล่อลื่น** (Lubricity)

คุณสมบัติการหล่อลื่นของเชื้อเพลิงดีเซล โดยการทดสอบด้วยวิธี high frequency reciprocating rig (HFRR) ตามวิธีการทดสอบของ CEC F-06-A-96 ซึ่งจะทดสอบคุณสมบัติการหล่อลื่นของน้ำมัน ซึ่งช่วยลดการสึกหรอที่เกิดจากการใช้งานในชิ้นส่วนที่สัมผัสกับเชื้อเพลิงโดยตรง

2.2.8 **คุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำของเชื้อเพลิงดีเซล**

เชื้อเพลิงดีเซล อาจประกอบด้วย heavy pariffinic hydrocarbons ซึ่งมีความสามารถในการละลายที่จำกัดในเชื้อเพลิง Paraffins จะสะสมรวมตัวกันเป็นไข(wax) เมื่ออยู่ในสภาวะที่เย็นเพียงพอ ซึ่งนั่นเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ การเกิดในระบบเชื้อเพลิงในยานพาหนะเป็นแหล่งของปัญหาในการทำงานต่างๆ เช่นทำให้เกิดการอุดตันในระบบเชื้อเพลิง

2.2.9 **เสถียรภาพของเชื้อเพลิงดีเซล**

คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเชื้อเพลิงคือ ความมีเสถียรภาพไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลาระหว่างการผลิต การใช้งานในเครื่องยนต์ และการก่อตัวของตะกอนระหว่างการเก็บเชื้อเพลิงดีเซลในระยะยาว ไนโตรเจน และสารประกอบที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบมักจะเกี่ยวข้องอย่างมากในกระบวนการเสื่อมสภาพของเชื้อเพลิง เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันเป็นตะกอนเชื้อเพลิง กลไกที่การเผาไหม้ของไฮโดรคาร์บอนเกิดขึ้นในหลายขั้นตอน เริ่มต้นด้วยการเริ่มเกิด

โซ่ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดอนุมูลอิสระ เมื่ออนุมูลอิสระของไฮโดรคาร์บอนก่อตัวขึ้น มันจะสามารถรวมตัวกับออกซิเจนเพื่อก่อให้เกิดอนุมูล peroxide ซึ่งในทางกลับกันสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนอื่นโดยการกำเนิดอนุมูลอิสระของไฮโดรคาร์บอนอื่น และ hydroperoxide ดังนั้นกระบวนการเผาไหม้จึงไม่สูญสลายไปได้ด้วยตัวเอง อนุมูลอิสระยังสามารถเป็นเหตุให้เกิด polymerization และ ปฏิกิริยาการเผาไหม้เพื่อก่อให้เกิดวัสดุที่น้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งสามารถสะสมรวมตัวในระบบเชื้อเพลิง ขั้นตอนสุดท้ายคือ chain termination เมื่อ antioxidant หายไป เป็นปฏิกิริยาซึ่งนำไปสู่ผลิตภัณฑ์ที่ไร้อนุมูลอิสระ

ความสามารถของเชื้อเพลิงในการรักษาเสถียรภาพในถังเก็บขึ้นอยู่กับตัวแปรซึ่งควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาด้วยตัวเอง อาทิ oxidation ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการเกิดปฏิกิริยาด้วยตัวเองที่ซับซ้อนปรากฏออกมาโดยทั่วไปมี 2 ชนิด ได้แก่ soluble gum ซึ่งเป็นพวก nonvolatile และ insoluble gum ซึ่งมักถูกเรียกว่าเป็นตะกอน และเป็นผลิตภัณฑ์ที่อันตรายที่สุดของการเสื่อมสภาพของเชื้อเพลิงในถังเก็บ การเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพในระบบเชื้อเพลิงถูกสังเกตเห็นได้จากการอุดตันที่ไส้กรอง และการสะสมรวมตัวของสารเหนียวๆ (gum) ในระบบจุดระเบิดและหัวฉีด สาเหตุหลักของปัญหาการทำงานเหล่านี้ อาจเป็นเพราะความจริงที่ว่าเชื้อเพลิงดีเซลทำหน้าที่เป็นตัวหล่อเย็นหัวฉีด ซึ่งเป็นไปได้มากที่สุดที่จะเสื่อมสภาพที่อุณหภูมิสูง ในส่วนของถังเชื้อเพลิงเมื่อเชื้อเพลิงถูกทำให้เย็นลงและให้ความร้อนอีกครั้ง การเกิดวัฏจักรการให้ความร้อนและการทำให้เย็นต่อเนื่องกันอาจทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเชื้อเพลิงดีเซลที่ไม่มีเสถียรภาพทางความร้อน

2.2.10 **ปริมาณกำมะถัน** (Sulphur Content)

วิธีหนึ่งในการลดระดับไอเสียทั้งหมดของ particulate matter (TPM) จากเครื่องยนต์ดีเซลคือการใช้เชื้อเพลิงดีเซลที่มีกำมะถันต่ำ (<ร้อยละ0.05 โดยน้ำหนัก) ระหว่างกระบวนการเผาไหม้กำมะถันส่วนใหญ่ในเชื้อเพลิงถูกเปลี่ยนเป็น sulphur dioxide (SO_2) ซึ่งส่วนมากถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ที่ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเพิ่มเติม นำไปสู่มลภาวะทางอากาศ SO_2 ที่เหลือจะถูกเผาไหม้ในไอเสียดีเซลที่มีออกซิเจนหนา และเกิดเป็น sulphur trioxide (SO_3) อุณหภูมิไอเสียดีเซลที่สูงจะรักษา SO_3 ไว้ในสภาวะไอ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับน้ำ โดยปฏิกิริยาคายความร้อนนำไปสู่การก่อตัวของละอองกรดกำมะถันในอากาศ ซึ่งเมื่อรวมตัวกับน้ำโดยพันธะทางเคมีจะถูกปล่อยออกมาเป็น particulate matter

ประโยชน์อื่นของการลดระดับกำมะถันในเชื้อเพลิงดีเซลคือ การลดการกัดกร่อน เป็นที่รู้กันว่าระดับกำมะถันที่สูงในเชื้อเพลิงทำให้เกิดการกัดกร่อนที่แหวนลูกสูบและ liners ของกระบอกสูบ การที่กำมะถันทำให้เกิดการกัดกร่อน ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับกำมะถันของเชื้อเพลิงและสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์โดยตรง

สำหรับในประเทศไทยค่ามากที่สุดของกำมะถันในดีเซลถูกกำหนดไว้คือ ร้อยละ0.05 ในการผลิตเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันน้อยกว่า 50 ppm และปริมาณ aromatic ร้อยละ5 โดยปริมาตร (ตามที่ระบุสำหรับเชื้อเพลิงดีเซล class 1) จำเป็นที่จะต้องใช้สภาวะ hydro-processing ที่รุนแรงขึ้นหรือเทคโนโลยี hydro-processing ที่แตกต่างออกไป

2.2.11 **ปริมาณอะโรมาติก** (Aromatics Content)

ส่วนประกอบ aromatics ในเชื้อเพลิงดีเซลเป็นปัญหาที่สำคัญเพราะว่าทำให้เกิดการปล่อย particulate emission แต่อย่างไรก็ตาม aromatics มีส่วนช่วยในการหล่อลื่นของเชื้อเพลิง ดังนั้นการกำจัดสารเหล่านี้จะทำให้เกิดอัตราการสึกหรอของปั๊มหัวฉีดสูงอย่างผิดปกติ

2.2.12 **ปริมาณน้ำและตะกอน** (Water and Sediment Content)

เราไม่สามารถที่จะกำจัดน้ำออกจากเชื้อเพลิงดีเซลได้หมด เนื่องจากขั้นตอนแรกที่มีน้ำเข้ามาคือระหว่างกระบวนการผลิต นอกจากนั้นยังมีความเสี่ยงของการมีน้ำปะปนมาระหว่างการขนส่งและการเก็บในถัง การเกิดขึ้นของน้ำในถังเก็บอาจทำให้เกิดการเติบโตของราและแบคทีเรีย การปนเปื้อนจุลินทรีย์ทำให้เกิดปัญหาสำคัญกับเครื่องยนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบเชื้อเพลิง เช่น เกิดการอุดตันที่ไส้กรอง

ตะกอนที่พบในเชื้อเพลิงดีเซลส่วนใหญ่เป็นอนินทรีย์โดยกำเนิด เช่น สนิม, อนุภาคโลหะ และฝุ่นละออง บางส่วนสามารถเป็นสารอินทรีย์จากการเสื่อมสภาพขององค์ประกอบเชื้อเพลิงที่ไม่เสถียรและการกระทำของแบคทีเรียที่รอยต่อของน้ำมัน-น้ำ หรือ ไขจากเชื้อเพลิง

ตะกอนสามารถนำไปสู่การอุดตันไส้กรองในยานพาหนะ และน้ำยังช่วยเพิ่มสภาวะกรดทำให้เกิดปัญหาเนื่องมาจากการกัดกร่อนและความสึกหรอในเครื่องยนต์และระบบฉีดเชื้อเพลิง การทดสอบมาตรฐานสำหรับปริมาณน้ำและตะกอนทำได้โดยวิธีการเหวี่ยง

2.2.13 **จุดวาบไฟ** (Flash Point)

จุดวาบไฟคือการวัดอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดซึ่งเชื้อเพลิงจะเกิดการลุกไหม้ได้จากแหล่งกำเนิดประกายไฟภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน จุดวาบไฟนี้จะมีผลต่อเชื้อเพลิงในการพิจารณาด้านการขนส่ง, รูปแบบการจัดเก็บ และการระวังดูแลรักษา

2.3 ผลจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่อคุณสมบัติและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเชื้อเพลิงมีผลต่อคุณสมบัติและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ดังนี้

<u>ความถ่วงจำเพาะ</u>

จากสมการ $G = x_1 G_1 + x_2 G_2 + .. + x_n G_n$ เมื่อนำมาใช้พิจารณาเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะ (G) ของเชื้อเพลิงก๊าซผสม 2 ชนิด ที่มีองค์ประกอบต่างกัน ผลของเศษส่วนโมล (x_i) และความถ่วงจำเพาะ (G_i) ขององค์ประกอบแต่ละตัวมีผลต่อความถ่วงจำเพาะของเชื้อเพลิง โดยสารไฮโดรคาร์บอนหนักจะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง สำหรับสารไฮโดรคาร์บอนที่มีอัตราส่วน H/C น้อยจะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง ส่วนความถ่วงจำเพาะของก๊าซเฉื่อย อาทิ N_2 และ CO_2 นั้น ความถ่วงจำเพาะของ CO_2 (G=1.52) สูงกว่าของ N_2 (G=0.97)

<u>ขีดจำกัดการติดไฟ</u>

จากสมการในการคำนวณหาขีดจำกัดการติดไฟของเชื้อเพลิงก๊าซผสม Le chatilier's modification of mixture law ดังนี้

$$FL = \frac{100}{P_1/N_1 + P_2/N_2 + ... + P_n/N_n}$$

โดย FL = limit of flammability of mixture

P_1 = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดแรก

P_2 = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดที่สอง

P_n = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดที่ n

N_1 = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดแรก

N_2 = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดที่สอง

N_n = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดที่ n

โดยเชื้อเพลิงก๊าซผสมที่มีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนหนัก ทำให้ขีดจำกัดการติดไฟของเชื้อเพลิงก๊าซผสมบางลง หากก๊าซผสมมีองค์ประกอบของก๊าซเฉื่อยทำให้ขีดจำกัดการติดไฟที่ส่วนผสมบาง (Lean flammability limit) หนาขึ้น

<u>ค่าความร้อน</u>

จากสมการ $H = x_1H_1 + x_2H_2 + .. + x_2H_2$ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความร้อนระหว่างเชื้อเพลิงก๊าซผสม 2 ชนิด พบว่ามีผลจากเศษส่วนโมล (x_i) และค่าความร้อน (H_i) ขององค์ประกอบแต่ละตัวต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีอัตราส่วน H/C น้อย อาทิ อีเทนและโพ

รเพน จะมีค่าความร้อนมาก หากก๊าซผสมมีองค์ประกอบของก๊าซเฉื่อยทำให้ค่าความร้อนของส่วนผสมลดลง

อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี

ในการหามวลอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงก๊าซผสม 1 หน่วยปริมาตร หากมีองค์ประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จำเป็นต้องใช้ O_2 ในอากาศมาเป็นสารตั้งต้นสำหรับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) แต่สำหรับก๊าซเฉื่อยซึ่งยากแก่การเกิดปฏิกิริยาจึงไม่คิดปริมาณความต้องการใช้อากาศ ดังนั้นหากก๊าซผสมที่มีองค์ประกอบของก๊าซเฉื่อยผสมกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะมีอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีน้อยกว่าเชื้อเพลิงสารประกอบไฮโดรคาร์บอนล้วน

Wobbe index

จากความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบก๊าซเฉื่อยที่ผสมในเชื้อเพลิงกับ Wobbe Index พบว่า CO_2 มีประสิทธิผลในการลด Wobbe Index กว่า N_2 เนื่องจากความหนาแน่นของ CO_2 สูงกว่า ของ N_2 [4]

2.4 **เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด** (Compression Ignition Engine)

กระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด สามารถสรุปได้ว่า เริ่มจาก เชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ที่ปลายจังหวะอัด ณ ตำแหน่งก่อนศูนย์ตายบนเล็กน้อย ซึ่งเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปนั้นจะมีความดันสูงมากเมื่อผ่านพ้นปลายหัวฉีดก็จะแตกเป็นละอองฝอยเข้าสู่ห้องเผาไหม้ แล้วจะระเหยอย่างรวดเร็วและผสมกับอากาศที่อยู่ภายในกระบอกสูบซึ่งมีอุณหภูมิและความดันสูง หลังจากนั้นจะเกิดการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงและอากาศที่ผสมกันในอัตราส่วนที่สามารถติดไฟได้ เมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้น ทำให้ความดันและอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เชื้อเพลิงในส่วนที่เหลือระเหยและผสมกับอากาศได้เร็วมากขึ้น ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่เร็วและรุนแรงต่อเนื่องจนกระทั่งเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ถูกเผาไหม้จนหมด

2.4.1 **ระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด**

ระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด แบ่งออกเป็น 2 ระบบตามการออกแบบห้องเผาไหม้ ดังนี้

2.4.1.1 **ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง** (Direct-Injection System, DI Systems)

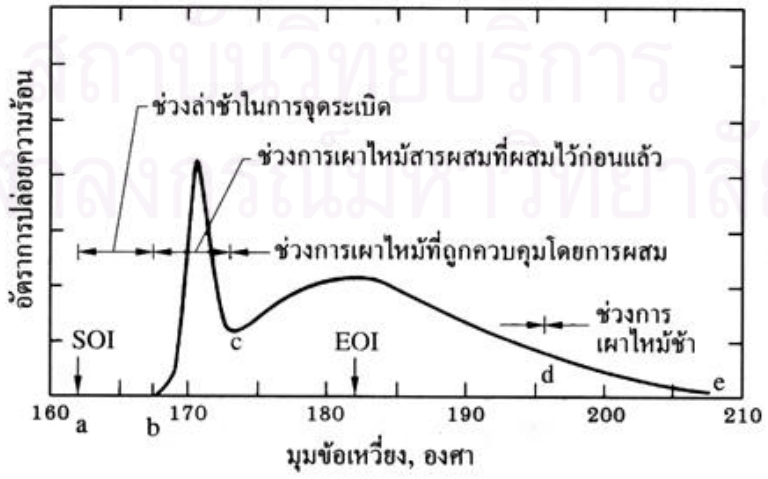
เป็นระบบที่มีห้องเผาไหม้แบบเปิดห้องเดียว(open chamber) และเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง ระบบนี้มีโมเมนตัมและพลังงานของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเพียงพอต่อการกระจายของเชื้อเพลิง และเพียงพอสำหรับการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศที่เหมาะสม จึงไม่ต้องอาศัยการเคลื่อนที่ของอากาศเข้ามาช่วยในการผสมอีก ระบบนี้เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ที่มีความเร็วรอบต่ำ

2.4.1.2 **ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม** (Indirect-Injection System, IDI Systems)

เป็นระบบที่ห้องเผาไหม้ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (pre-chamber) และห้องเผาไหม้หลัก (main-chamber) โดยเชื้อเพลิงจะถูกฉีดผ่านทางหัวฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ซึ่งจะจุดระเบิดและเผาไหม้เชื้อเพลิงบางส่วนภายในห้องเผาไหม้ล่วงหน้านี้ หลังจากนั้นเปลวไฟจะลามออกมาที่ห้องเผาไหม้หลักซึ่งอยู่เหนือหัวลูกสูบและเผาไหม้เชื้อเพลิงส่วนที่เหลือต่อไปจนสิ้นสุดกระบวนการเผาไหม้ ระบบนี้เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ขนาดเล็กความเร็วรอบสูง

2.4.2 ปรากฏการณ์ของการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

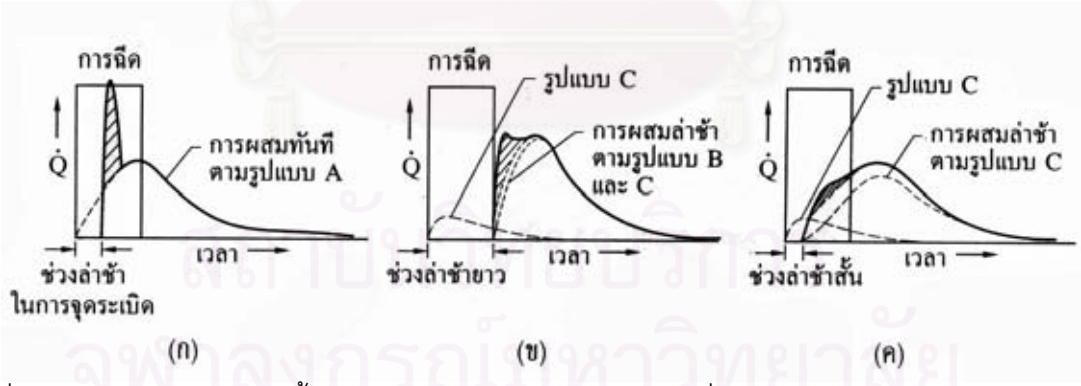
อัตราการปล่อยความร้อน (Heat-Release rate) เป็นหลักการสำคัญที่นำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์การเผาไหม้ภายในกระบอกสูบ ซึ่งอัตราการปล่อยความร้อนนี้ก็คือพลังงานเคมีของเชื้อเพลิงที่ปล่อยออกมาขณะเกิดการเผาไหม้ โดยสามารถแบ่งกระบวนการของอัตราการปล่อยความร้อนออกเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด, ช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ผสมไว้ก่อนแล้ว, ช่วงการเผาไหม้ที่ควบคุมโดยการผสมและช่วงการเผาไหม้ช้า ซึ่งแต่ละช่วงจะถูกควบคุมโดยกระบวนการทางฟิสิกส์และเคมีที่แตกต่างกัน ดังเช่นรูปที่ 2-2 แสดงแผนภูมิอัตราการปล่อยความร้อนในเครื่องยนต์แบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (DI) โดยสามารถอธิบายขั้นตอนการเกิดได้ดังนี้



รูปที่ 2-2 แสดงอัตราการปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงและช่วงการเผาไหม้แบบต่างๆ [12]

- ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด (Ignition delay, a-b) คือช่วงระหว่างการเริ่มต้นฉีดเชื้อเพลิง (SOI, Start of injection)เข้าสู่ห้องเผาไหม้จนถึงจุดเริ่มต้นของการเผาไหม้
- ช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ผสมกันก่อนแล้ว(Premixed combustion phase, b-c) ซึ่งเป็นช่วงเวลาของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศกันก่อนในช่วงล่าช้าการจุดระเบิด ซึ่งจะเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วและพร้อมกัน ส่งผลให้อัตราการปล่อยความร้อนในช่วงนี้มีค่าสูงสุด
- ช่วงการเผาไหม้ที่ควบคุมโดยการผสม (Mixing combustion phase, c-d) เมื่อเชื้อเพลิงและอากาศที่ผสมกันก่อนแล้วถูกเผาไหม้จนหมดอัตราการเผาไหม้จะถูกควบคุมโดยอัตราการเกิดของสารผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่พร้อมจะเผาไหม้ โดยจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นแต่อาจจะไม่สูงถึงค่าแรกแล้วจะลดลงเมื่อกระบวนการเผาไหม้ดำเนินต่อไป
- ช่วงการเผาไหม้ล่าช้า (Late combustion phase, d-e) เป็นช่วงที่การปล่อยความร้อนเกิดขึ้นในอัตราที่ต่ำในจังหวะขยายตัว ซึ่งเป็นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่เล็กน้อยและเป็นการเผาไหม้ในส่วนของเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ของส่วนผสมหนาที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้

แต่สำหรับในระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงแบบ M (ระบบที่มีห้องเผาไหม้แบบหลุมในลูกสูบ)และระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม (IDI) นั้นอัตราการปล่อยความร้อนจะต่างจากระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงดังในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 แสดงอัตราการฉีดเชื้อเพลิงและอัตราการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล 3 แบบ [12]

(ก) แสดงอัตราการเผาไหม้ของระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่ใช้หัวฉีดแบบหลายรู ติดไว้ตรงกลาง

(ข) แสดงอัตราการเผาไหม้ของระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงแบบ M ที่ฉีดเชื้อเพลิงเข้าผนัง

(ค) แสดงอัตราการเผาไหม้ของระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อมแบบห้องเผาไหม้ก่อนไหลวน

โดยจากการศึกษารูปแบบของการเผาไหม้ต่างๆ ได้มีการนำเสนอกลไกหรือรูปแบบการฉีด การผสมและการเผาไหม้ที่สำคัญในเครื่องยนต์ดีเซลไว้ 3 รูปแบบ คือ

- รูปแบบ A เกิดจากการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปทันทีโดยโมเมนตัมที่มากพอควร และเกิดการผสมทันทีของเชื้อเพลิงกับอากาศ ทำให้เกิดส่วนผสมล่วงหน้า (Premix)
- รูปแบบ B เชื้อเพลิงจะไปเกาะที่ผนัง การผสมในช่วงล่าช้าเกือบจะไม่มีเนื่องจากการระเหยของเชื้อเพลิงถูกจำกัด แต่หลังจากการจุดระเบิดการระเหยจะรวดเร็วและจะถูกควบคุมโดยอัตราการเข้าถึงผิวของก๊าซร้อน (เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับผิวซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงระเหยเร็วขึ้น) และจะเกิดการผสมในแนวรัศมีจากแรงหนีศูนย์กลางที่ต่างกัน
- รูปแบบ C เชื้อเพลิงถูกกระจายไปใกล้กับผนัง และมีการผสมเกิดในช่วงล่าช้าแต่ในอัตราที่น้อยกว่าแบบ A เมื่อเกิดการจุดระเบิดจะเกิดการผสมขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับ รูปแบบ B

สำหรับเครื่องยนต์แบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงจะมีรูปแบบตามรูปแบบ A ส่วนระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงแบบ M นั้นจะมีรูปแบบตามรูปแบบ B และ C ซึ่งจะช่วยให้อัตราการเผาไหม้ในช่วงแรกไม่สูงเกินไป ส่วนระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดจะสั้น หลังจากนั้นจะเป็นการผสมของรูปแบบ C

2.4.3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้กำหนดสมรรถนะของเครื่องยนต์

พารามิเตอร์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ได้แก่ กำลังเบรก, แรงบิดเบรก และ brake specific fuel consumption

กำลังเบรกของเครื่องยนต์สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$P_b = T_b \omega = \frac{2\pi N T_b}{6000} \qquad (2\text{-}4)$$

Brake Fuel Conversion Efficiency

$$\eta_{f_b} = \frac{P_b}{\dot{m}_f Q_{HV}} \qquad (2\text{-}5)$$

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \qquad (2\text{-}6)$$

ความดันยังผลเฉลี่ยเบรก สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือ

$$bmep = 4\ \pi\ T_b\ /\ V_d \qquad (2\text{-}7)$$

Volumetric Efficiency

$$\eta_v = \frac{2\dot{m}_a \, x10^3}{60\rho_{a,i} V_d N} \qquad (2\text{-}8)$$

โดยที่ P_b = กำลังเบรก (kW)

T_b = แรงบิดเบรก (N-m)

bmep = Brake Mean Effective Pressure (kPa)

N = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rev/min)

V_d = Displacement Volume (dm^3)

Q_{HV} = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

$\dot{m}_f$ = อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/s)

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลของอากาศ (g/s)

$\rho_{a,i}$ = ความหนาแน่นของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์ (kg/m^3)

bsfc = อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (mg/J)

η_{f_b} = Brake Fuel Conversion Efficiency

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

2.4.4 กำลังที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์บนถนนในแนวระดับ

กำลังขับเคลื่อนบนถนน (road-load power, Pr) เป็นกำลังที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ไปบนถนนในแนวระดับที่ความเร็วคงตัว ซึ่งก็คือกำลังเพื่อเอาชนะความต้านทานการกลิ้งของล้อ (rolling resistance) และแรงต้านอากาศพลวัต (aerodynamic drag) กำลังขับเคลื่อนบนถนนสามารถหาได้จากสมการ คือ

$$P_r = \left(C_R M_v g + \frac{1}{2}\rho_a C_D A_v S_v^2 \right) S_v \qquad (2\text{-}9)$$

2.5 การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร[13]

เมื่อมีการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งสัมพัทธ์กับอีกชิ้นส่วนหนึ่งจะเกิดความเสียดทานขึ้นไม่ว่าจะเป็นความเสียดทานจากการลื่นไถลหรือความเสียดทานแบบกลิ้งตัว แม้จะมีการลดความเสียดทานเหล่านี้ด้วยการใช้สารหล่อลื่น ซึ่งจะส่งผลให้สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำลงและลดความ

ร้อนที่เกิดขึ้นจากความเสียดทาน แต่สุดท้ายตามกฎเกณฑ์ของธรรมชาติ สิ่งของต่างๆยังคงเกิดการสึกหรอและเสื่อมสภาพ เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของการเสื่อมสภาพและหาสาเหตุหลักของการเสื่อมสภาพเพื่อทำการแก้ไข จึงต้องศึกษาทราบถึงประเภทของการเสื่อมสภาพและกลไกของการสึกหรอโดยสังเขปดังนี้

2.5.1 ประเภทของการเสื่อมสภาพ

ประเภทของการเสื่อมสภาพอาจแบ่งได้ตามลักษณะของการชำรุด ดังนี้

2.5.1.1 การเสื่อมสภาพตามเวลา (Time dependent degradation)

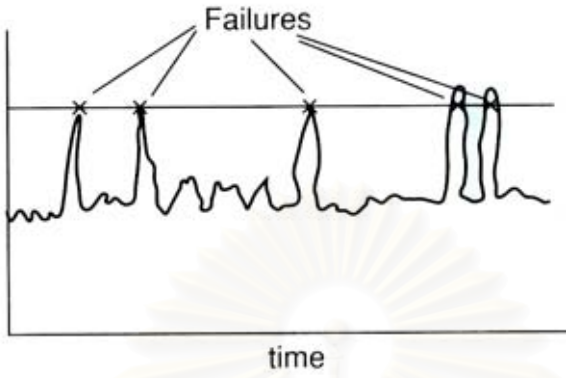
ลักษณะของกราฟในรูปที่ 2-4 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการเสื่อมสภาพ (การสึกหรอของวัสดุ) ของชิ้นส่วนอุปกรณ์ตามระยะเวลาการใช้งาน ซึ่งมีผลทำให้มิติ หรือขนาดของชิ้นส่วนเปลี่ยนไปมีผลทำให้ความแข็งแรง (Strength) ของชิ้นส่วนดังกล่าวมีค่าลดลงไปตามเวลาใช้งาน และสุดท้ายเมื่อค่าความแข็งแรงมีค่าลดลงจนใกล้ หรือต่ำกว่าค่าภาระใช้งาน ก็จะเป็นจุดที่เส้นกราฟ 2 เส้นนี้มาบรรจบกัน ซึ่งเป็นจุดที่ชิ้นส่วนจะชำรุด หรือแตกหักเสียหาย

รูปที่ 2-4 กราฟแสดงการเสื่อมสภาพตามเวลา

2.5.1.2 การเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time independent degradation)

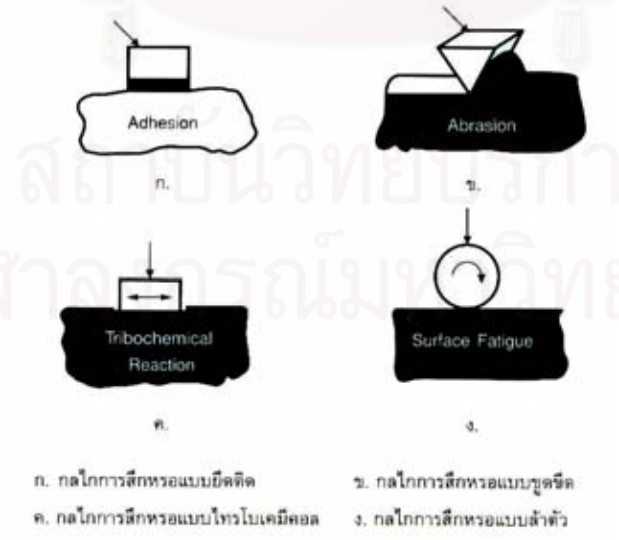
ในการเสื่อมสภาพจนชำรุดในลักษณะนี้เป็นการชำรุดโดยไม่เกี่ยวข้องกับช่วงระยะเวลาใช้งานอาจจะเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ก็มีผลทำให้เกิดการชำรุดได้ (การชำรุดแบบ “แบบทันทีทันใด”) ซึ่งกรณีนี้ตรงกันข้ามกับกรณีแรก (กรณีแรกเป็นแบบการชำรุด “แบบค่อยเป็นค่อยไป”) หากดูจากกราฟในรูปที่ 2-5 จะเห็นว่าค่าอัตราส่วนระหว่างค่าความแข็งแรงวัสดุต่อภาระใช้งานซึ่งเรียกว่า “ปัจจัยความปลอดภัย” (Safety Factor : SF) โดยทั่วไปวิศวกรออกแบบมักกำหนดให้มีค่ามากกว่า 1 หากแต่ว่าเมื่อใดที่มีการใช้เครื่องจักรผิดวิธี หรือการเกิดภาระกระแทกหรือช็อค (Shock or

Impact load) ที่อาจเกิดจากอุบัติเหตุหรือใช้เครื่องจักรผิดวิธี ก็จะทำให้ภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วนดังกล่าวพุ่งขึ้นสูงมากจนไปบรรจบกับค่าความแข็งแรงของวัสดุ จนทำให้วัสดุทนภาระดังกล่าวไม่ได้และเกิดการชำรุดหรือแตกหัก ในที่สุด



รูปที่ 2-5 กราฟแสดงการเสื่อมสภาพที่ไม่ขึ้นกับเวลา

จากทั้งสองหัวข้อ คือ การชำรุดหรือการเสื่อมสภาพตามเวลา (Time dependent) มักจะเกี่ยวข้องกับการสึกหรอ (Wear) ส่วนการชำรุดแบบไม่ขึ้นกับเวลา (Time independent) จะเกี่ยวข้องกับการแตกหัก ในการป้องกันการสึกหรอจำเป็นที่วิศวกรบำรุงรักษาต้องเข้าใจเสียก่อนว่าการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักรมีรูปแบบหรือกลไกการสึกหรอ (Wear mechanisms) อย่างใดบ้าง แล้วจึงสามารถหาแนวทางดำเนินการในการป้องกันการเสื่อมสภาพได้ ตามมาตรฐานด้านอุตสาหกรรมของประเทศเยอรมันหมายเลข 50320 (DIN 50320) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าแบ่งกลไกการสึกหรอไว้อย่างเหมาะสม 4 รูปแบบดังรูปที่ 2-6



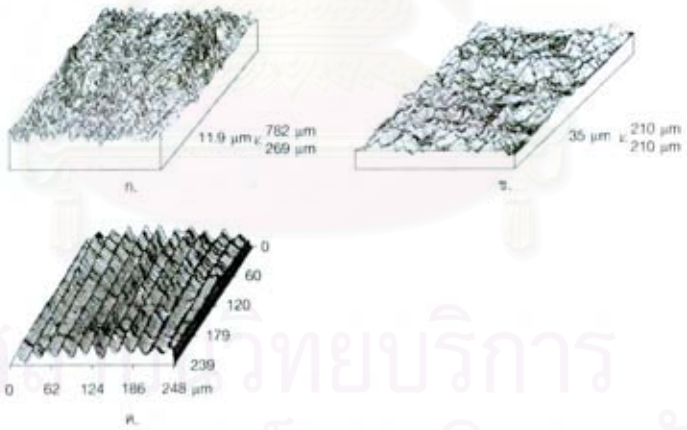
รูปที่ 2-6 แสดงกลไกการสึกหรอแบบต่าง ๆ

2.5.2 การจำแนกกลไกการสึกหรอ

ก่อนที่จะกล่าวถึงกลไกการสึกหรอ (Wear mechanisms) จะอธิบายโดยสังเขปว่า เพราะเหตุใดจึงเกิดการสึกหรอขึ้น ทั้ง ๆ ที่มีบางคนแย้งว่าเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนเครื่องจักรไม่ควรเกิดการสึกหรอเพราะไม่ได้ใช้งานให้ภาระหรือความเค้น (Stress) ที่มากเกินไปกว่าค่าความแข็งแรงของวัสดุ (Strength) ซึ่งก็คือ วิศวกรออกแบบไว้ให้มีค่าปัจจัยความปลอดภัย (ความแข็งแรง/ความเค้น>1) แต่สุดท้ายชิ้นส่วนก็ยังสึกหรอและแตกหักตามระยะเวลา เหตุผลที่สามารถอธิบายได้คือ การที่วิศวกรออกแบบคำนวณค่าความเค้น (Stress) ไว้คือ

$$\text{ความเค้น} = \frac{\text{แรงที่กระทำ}}{\text{พื้นที่รับแรงกระทำ}}$$

โดยที่พื้นที่รับแรงกระทำที่ใช้จะเป็นการใช้ค่าพื้นที่รับแรงกระทำที่เรามองเห็นหรือวัดได้ (Apparent area of contact) แต่ที่จริงแล้วพื้นที่รับแรงดังกล่าวอยู่บนสมมุติฐานว่า พื้นผิวชิ้นงานมีความเรียบ และรับภาระเต็มหน้าสัมผัส หากทว่าในระดับจุลภาคแล้วมนุษย์ยังไม่สามารถทำให้เกิดความเรียบของผิวดังกล่าวได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 แสดงพื้นผิวที่แท้จริงในระดับจุลภาค

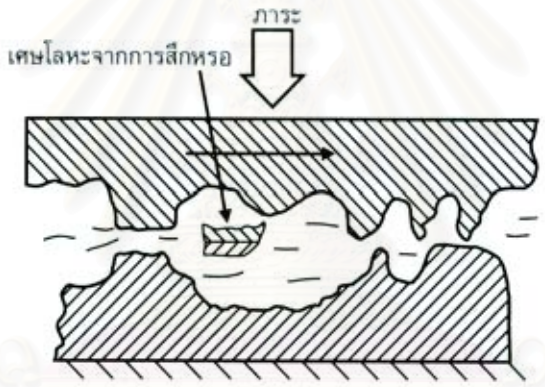
จะเห็นได้ว่าเมื่อหาค่าความเค้นในระดับจุลภาคแล้ว จะทำให้ค่าความเค้นจริงที่เกิดขึ้นมีค่าสูงมากเกินค่าความแข็งแรงของวัสดุ (Yield strength) โดยที่ยอดแหลม ๆ ที่เห็นจากภาพขยายของผิวงานถูกเรียกกันว่า “Asperities” เมื่อมีการสัมผัสกันของชิ้นงานจุดที่จะรับภาระจริง ในระดับจุลภาคคือ Asperities ซึ่งมีพื้นที่เล็กๆ และเมื่อค่าภาระสูงเกิดค่าความแข็งแรง Asperities เหล่านี้จะเสียรูป/ยุบตัวโดยถาวรในขณะที่ชิ้นส่วนเหล่านี้หยุดนิ่ง เมื่อเริ่มมีการเคลื่อนที่ Asperities ที่เสียรูปโดยถาวร

ดังกล่าวจะถูกเฉือนตัวออกไป และกลายไปเป็นเศษโลหะจากการสึกหรอที่ปะปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นนั่นเอง ดังนั้นไม่ว่าจะใช้ภาระต่ำหรือสูง ก็จะทำให้เกิดการสึกหรอเสมอ โดยทั่วไปเราสามารถจำแนกกลไกการสึกหรอได้เป็น 4 กลไก คือ

2.5.2.1 **กลไกการสึกหรอแบบยึดติด** (Adhesive wear)

เป็นกลไกที่เกิดขึ้นจากการที่มีการเกิดพันธะยึดติดกันของ Asperities และมีการฉีกขาดตัวออกไปของพันธะที่เกิดขึ้นที่ในขณะที่ชิ้นงานมีการเคลื่อนที่ พันธะที่เกิดการ “เยิ้มติด” หรือ “เชื่อมติดกัน” ของ Asperities นี้เรียกกันว่า “การเชื่อมเย็น” (Cold-welded) ลักษณะการเกิดการสึกหรอแบบยึดติดแสดงในรูปที่ 2-8

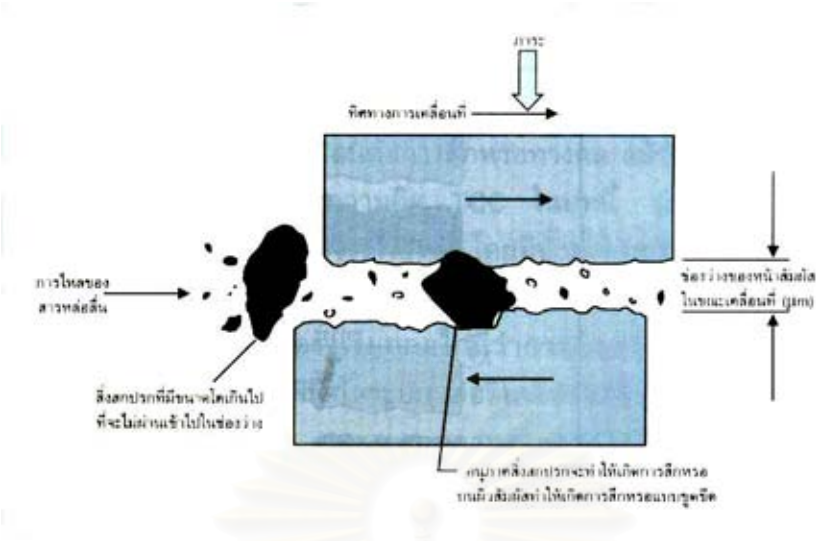
โดยที่สาเหตุที่เร่งให้เกิดการสึกหรอแบบยึดติด คือ สารหล่อลื่นมีความหนืดน้อยเกินไป ภาระมีค่าสูงมากเกินไปจนสารหล่อลื่นรับไม่ได้หรือใช้ความเร็วต่ำเกินไป



รูปที่ 2-8 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบยึดติด

2.5.2.2 **การสึกหรอแบบขูดขีด** (Abrasive wear)

เป็นการสึกหรอที่เกิดขึ้นจากการที่เนื้อวัสดุ ถูกเฉือนออกไปจากการถูกขูดขีดโดยสสารที่มีความแข็งสูงมาก เช่น ฝุ่นละออง เม็ดทราย หรือกากเพชร เป็นต้น ลักษณะของการสึกหรอประเภทนี้ดังรูปที่ 2-9 การเร่งให้เกิดการสึกหรอประเภทนี้ คือ การใช้สารหล่อลื่นที่สกปรก การชุบแข็งคู่ผิดสัมผัสที่มีความแข็ง (Hardness) แตกต่างกันมากเกินไป

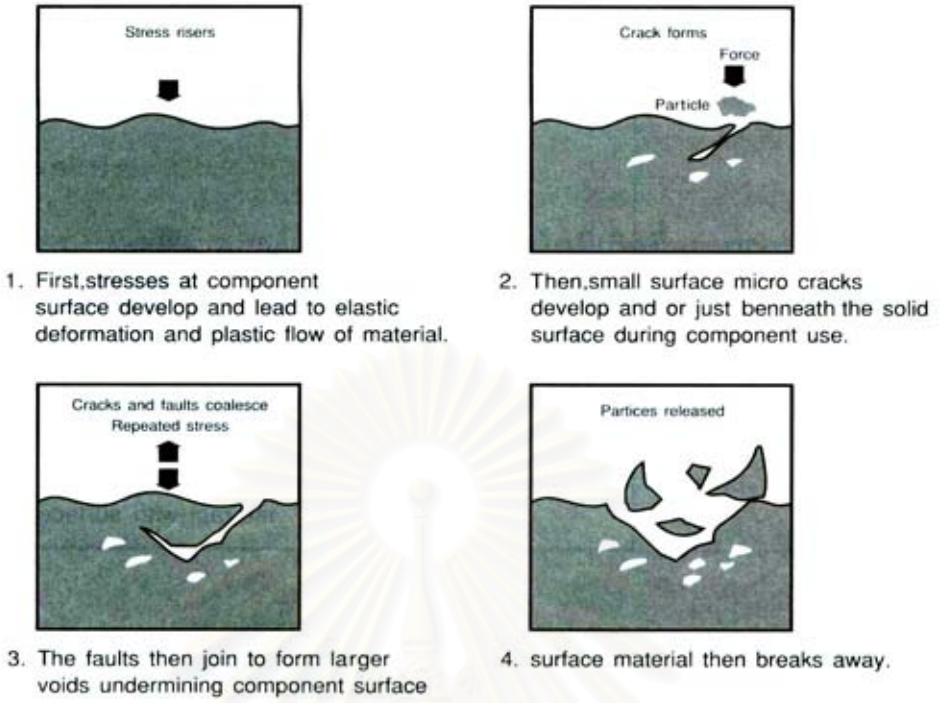


รูปที่ 2-9 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบขูดขีด

2.5.2.3 การสึกหรอจากการล้าตัวของวัสดุ (Fatigue wear)

เป็นการล้าตัวและเกิดรอยแตกหรือหลุมบนผิวหน้าวัสดุบริเวณที่มีการล้าตัว ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าชิ้นงานมีการรับภาระเป็นวงรอบ (Stress cycles) การล้าตัวของวัสดุจะมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก หากชิ้นงานรับภาระเพียงการกด (Compressive stress) หรือการดึง (Tensile stress) เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่จะมีโอกาสเกิดการล้าตัวได้เร็วมากๆ หากมีการรับภาระสลับกันไปมาระหว่างการกดกับการดึง หรือการรับภาระแบบเป็นวงรอบ ซึ่งท้ายที่สุดจะส่งผลให้ผิววัสดุหลุดร่อนออกไปและทำให้มีรอยสึกหลงเหลือไว้บนผิวชิ้นงาน ลักษณะการเกิดการล้าตัวอีกแบบหนึ่งเกิดจากการมีสิ่งสกปรกในสารหล่อลื่นและทำให้เกิดรอยกด (Dents) ขึ้นบนผิวชิ้นงานก่อนและเมื่อใช้งานไปนาน ๆ รอยกดจะค่อยๆ แพร่กระจายออกไปเป็นรอยแตก (Crack) เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปอยู่ในรอยกดนั้น ๆ ครั้งแล้วครั้งเล่า และเกิดเป็นหลุมในที่สุดดังแสดงในรูปที่ 2-10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 2-10 แสดงลักษณะการสึกหรอแบบล้าตัว

2.5.2.4 **การสึกหรอแบบปฏิกิริยาไทรโบเคมี** (Tribochemical reaction)

บางครั้งถูกเรียก ว่าการสึกหรอแบบไป ๆ กลับ ๆ หรือเฟล็ตติ้ง (Fretting wear) จากชื่อ Tribochemical reaction มีความหมายเบื้องต้น คือ การที่ชิ้นงานต้องมีการขัดสี (Tribo) และเกิดผลพวงจากปฏิกิริยาเคมี (Reaction) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง “ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น” สามารถอธิบายโดยง่าย ๆ จากการเกิดไทรโบเคมิคอลรีแอคชันที่ข้อต่อโซ่ จะมีผลทำให้บริเวณข้อต่อโซ่ดังกล่าวมีการสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive) เมื่อมีการใช้งาน จะทำให้บริเวณข้อต่อโซ่มีการขัดสีกัน (Tribo) ก่อให้เกิดเศษเหล็กตรงจุดนั้น ผนวกเข้ากับเกิดความร้อนจากการขัดสี ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (Catalyst) โดยที่ผงเหล็กที่เกิดขึ้นก็เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีเช่นกัน เพราะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว (Surface area) ให้ออกซิเจนในอากาศ สามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้ง่ายขึ้น เมื่อมีองค์ประกอบหลักคือ เศษเหล็กหลักคือ เศษเหล็ก ความร้อน ความชื้น (หรือไอน้ำในอากาศ) กับออกซิเจนก็จะทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นสนิมเหล็ก (Rusty wear powder) และสนิมเหล็กจะมีคุณสมบัติคล้าย ๆ กับฝุ่นละออง คือ มีความแข็งแต่เปราะและจะทำให้เกิดการขูดขีด (abrasive) ตรงบริเวณข้อต่อโซ่ตามมาจนทำให้ข้อต่อโซ่ลดขนาดลงและทนภาระไม่ได้ในที่สุดก็จะขาดชำรุดไป นอกจากข้อต่อโซ่แล้ว อาจจะเกิดกลไกการสึกหรอชนิดนี้ได้กับเพลา เฟืองแบบเลื่อนได้ (Spline) แหนบรถยนต์ และผิวนอกของแบริ่งที่สัมผัสกับตัวเรือน เป็นต้น

2.6 สารหล่อลื่น [13]

องค์ประกอบซึ่งเป็นหน้าที่หลักประการสำคัญของสารหล่อลื่นคือ ลดแรงเสียดทาน (Reduces Friction) ซึ่งมีผลต่อเนื่องคือ เป็นการลดการสึกหรอ (Reduces Wear) ประหยัดพลังงาน (Saves Power) ลดความร้อน (Reduces Heat) และเป็นการช่วยให้เกิดฟิล์มน้ำมันที่รองรับภาระที่ใช้งาน (Load-Carrying Lubricant Film)

หน้าที่ที่สำคัญของสารหล่อลื่นยังรวมไปถึง ก.) ทำหน้าที่เสมือนสารหล่อเย็นที่นำพาความร้อนออกไป (Carries Away Heat) จากชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ ข.)ทำหน้าที่เสมือนซีล (Sealing) ป้องกันสิ่งสกปรกเข้าไปสู่ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น ในกรณีของจารบี ค.)ป้องกันการกัดกร่อนและสนิม (Preventing Corrosion and Rust) ของผิวชิ้นงานที่เป็นเหล็ก ง.)ในบางกรณีก็จะทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังเช่นน้ำมันไฮดรอลิกและเนื่องจากว่าสารหล่อลื่นที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็น และสำคัญ สิ่งที่สำคัญสูงสุดนั้นคือว่าสารหล่อลื่นต้องถูกออกแบบให้ใช้งานในช่วงการทำงานของเครื่องจักรโดยที่มีการเสื่อมหรือสึกหรอ และการสูญเสียคุณสมบัติของสารหล่อลื่นให้น้อยที่สุด

2.6.1 คุณสมบัติที่สำคัญ ๆ ของสารหล่อลื่น

คุณสมบัติที่สำคัญของสารหล่อลื่นประกอบด้วย ค่าความหนืด จุดไหลเท การต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น แต่คุณสมบัติที่จะนำมากล่าวถึงในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย คุณสมบัติทางความหนืด และคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น

2.6.1.1 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดถูกให้ความหมายว่า “เป็นการต้านทานต่อการไหล” ซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักที่สำคัญของน้ำมันหล่อลื่น ยิ่งน้ำมันหล่อลื่นมีความสามารถในการต้านทานการไหลมากเท่าใดก็จะมีความหนืดมากเท่านั้น สามารถกล่าวได้ว่าค่าความหนืดเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการไหล (Flowability) ซึ่งโดยเฉพาะน้ำมันหล่อลื่นปิโตรเลียมนั้น ค่าความหนืดจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าอุณหภูมิ ยิ่งค่าอุณหภูมิสูงค่าความหนืดจะยิ่งน้อยลง และค่าความสามารถในการไหลจะยิ่งดีขึ้น วิธีการที่ใช้ในการวัดค่าความหนืดในห้องทดลองนั้นก็จะใช้วิธีการตามมาตรฐานขององค์การระหว่างประเทศที่เกิดขึ้นโดยความร่วมมือของ ASTM (American Society for Testing and Materials) และ STLE (Society of Tribologists and Lubrication Engineers) จนปัจจุบันใช้กันโดยทั่วไปในหน่วยของ SI ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของการวัดค่าความหนืดในหน่วยเซนติสโตค (cSt.) ที่อุณหภูมิ 40°C

รูปที่ 2-11 ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นกับการใช้งาน

น้ำมันหล่อลื่นที่หนืดมาก ๆ จะถูกใช้กับชิ้นส่วนเครื่องจักรที่เคลื่อนที่ช้า ๆ ภายใต้ภาระสูงๆ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นจะทนทานต่อการถูกบีบดันออกไปจากผิวสัมผัส ส่วนน้ำมันที่มีความหนืดน้อยๆจะถูกนำมาใช้กับชิ้นงานที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงๆ ที่ค่าภาระต่ำ(รูปที่ 2-11)

2.6.1.2 **การต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น** (Oxidation resistance)

น้ำมันหล่อลื่นเป็นส่วนผสมที่ซับซ้อนระหว่างอะตอมของไฮโดรเจนกับคาร์บอน (ไฮโดรคาร์บอน) เรียกว่าส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน ส่วนใหญ่แล้วแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ แบบพาราฟินิก แนพทานิก และอะโรมาติก ซึ่งแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน นักเคมีมักเรียกน้ำมันปิโตรเลียมฐานแร่นี้ซึ่งส่วนใหญ่เป็น 2 ส่วนหลัก คือ พาราฟินิก และแนพทานิก ว่า “สารหล่อลื่นอิ่มตัว” (Saturated) และสำหรับ อะโรแมติกว่าเป็น “สารหล่อลื่นไม่อิ่มตัว” (Unsaturated)

สารไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในชั้นหรือระดับเดียวกันจะมีโครงสร้างทางเคมีเหมือนกัน แต่จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปเป็นอย่างมาก ในแต่ละกลุ่มอาจจะมีสภาวะเป็นของแข็ง ของเหลวและก๊าซได้ สภาวะที่เป็นของเหลว ซึ่งเป็นส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดและมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติไปมากในสภาวะต่างๆ อาจจะมีผลต่อสมรรถนะในการหล่อลื่น โดยที่ไม่ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบน้ำมันหล่อลื่นที่จะถูกใช้งานในอนาคต ความร้อน และออกซิเจนทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เกิดองค์ประกอบที่ไม่ดีต่อน้ำมันหล่อลื่น กระบวนการดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และสารประกอบที่เกิดขึ้นก็เป็นผลผลิตของปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้นช้าๆ อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น อย่างไรก็ตาม การเกิดการปั่นกวนจนเกิดฟอง การฉีดพ่น และการที่เกิดมีค่าอุณหภูมิสูงๆ โดยเฉพาะจุดที่มีความร้อนสูงเพียงจุดเล็ก ๆ จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นยิ่งเกิดเร็วขึ้น ทำให้เกิดสารประกอบที่เป็นกรดและทำให้เกิดตะกอนและคราบเหนียว

โดยความเป็นจริงแล้วทุก ๆ 10°C (18°F) ที่เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่เกินกว่า 70°C อัตราการเกิดออกซิเดชั่นจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า การที่จะลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นลงนั้น ต้องพยายามควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 60 ถึง 70°C (140 ถึง 150°F) ดังนั้นจึงเป็นข้อแนะนำให้ใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความสามารถในการต่อต้านออกซิเดชั่นกับเครื่องยนต์เทอร์ไบน์และระบบการไหลเวียนน้ำมันหล่อลื่นขนาดใหญ่ๆ ทั้งนี้เพราะว่าน้ำมันหล่อลื่นจะสามารถทนได้กับระดับอุณหภูมิสูงๆ ภายในช่วงเวลายาวนานกว่าการใช้น้ำมันแบบธรรมดา น้ำมันหล่อลื่นดังกล่าวมักมีราคาแพง ทั้งนี้เนื่องจากว่าต้องถูกกลั่นด้วยกรรมวิธีพิเศษและมีการเติมด้วยสารปรุงแต่งที่รู้จักกันในชื่อ Oxidation Inhibitor เพื่อเพิ่มความสามารถในการต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น น้ำมันหล่อลื่นที่มีความสามารถในการต่อต้านออกซิเดชั่นต่ำนั้น ควรถูกเลือกใช้กับการหล่อลื่นในช่วงสั้นๆ เช่น กรณีการหล่อลื่นแบบใช้แล้วทิ้งไป หรือเมื่อมีการเติมน้ำมันหล่อลื่นลงไปบ่อยๆ ปกติแล้ว Additive Packages นี้มักรวมอยู่ในน้ำมันที่มี R & O Inhibitor อยู่แล้ว

2.7 การวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

สารหล่อลื่นที่ใช้ในเครื่องยนต์หรือในที่นี้จะเรียกว่า น้ำมันหล่อลื่น จากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานแล้วและน้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ระหว่างการใช้งาน จะทำให้ทราบว่าน้ำมันหล่อลื่นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้งานได้หรือไม่ และจะทำให้ทราบถึงช่วงเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ ผลการวิเคราะห์จะบ่งถึงสภาวะที่อาจจะทำให้เกิดอันตรายแก่เครื่องยนต์ รวมทั้งระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนถ่าย นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาของความเสียหายที่เกิดขึ้นและทำให้แก้ปัญหาและป้องกันได้อย่างถูกต้อง

2.7.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วจากเครื่องยนต์[14]

ขั้นตอนการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วจากเครื่องยนต์ แบ่งตามขั้นตอนได้ดังนี้

(1) ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์

การสุ่มตัวอย่างจะต้องกระทำขณะเครื่องยนต์ทำงาน และมีอุณหภูมิถึงระดับอุณหภูมิการใช้งานของเครื่องยนต์ เพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นมีการชโลมเข้ากับส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องยนต์และไหลเวียนไปทั่วระบบหล่อลื่น ส่วนขวดพลาสติกที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นควรจะใช้ขวดชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหล่อลื่น แห้งและสะอาด ฝาปิดขวดจะต้องทำด้วยวัสดุที่ไม่หลุดร่อน (Non shedding material) การเก็บน้ำมันหล่อลื่นลงในขวดพลาสติกจะต้องไม่เก็บจนเต็มขวด เนื่องจากจะต้องมีช่องว่างให้น้ำมันหล่อลื่นไหลผสมตัวของน้ำมันหล่อลื่นเองได้

(2) **วิธีการตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น** เช่น สี กลิ่น ความหนืดและปริมาณน้ำที่ปนในน้ำมันหล่อลื่น ด้วยวิธีการทดสอบเบื้องต้นในภาคสนาม

(3) **ขั้นตอนในการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ** เพื่อหาค่า

ก. หาค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น

ข. หาตัวเลขรวมของความเป็นด่าง (TBN)

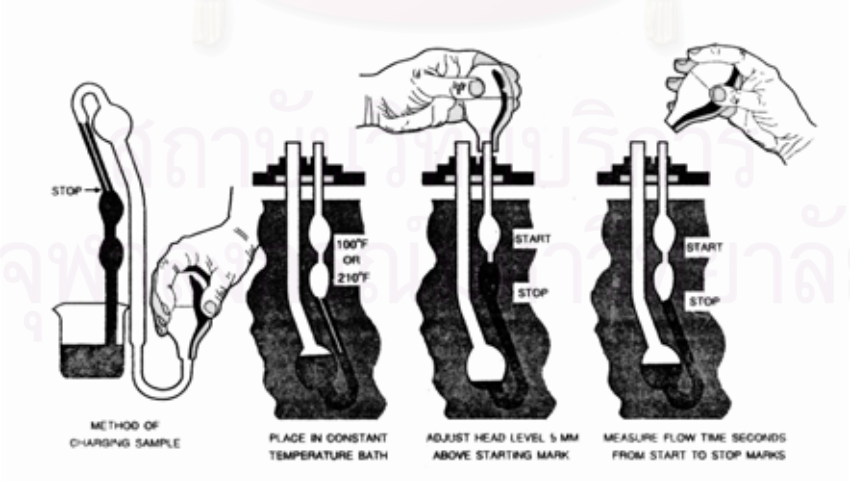
ค. หาค่าปริมาณธาตุกลุ่มที่มาจากการสึกหรอและจากสารปรุงแต่งที่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่น โดยวิธีสเปกโตรมิเตอร์

ง. หาค่าปริมาณการเกิดออกซิเดชั่น และสารปนเปื้อน โดยวิธี FTIR

จ. หาลักษณะรูปร่างและขนาดของเศษเหล็กโดยเทคนิคเฟอร์โรกราฟฟี่

2.7.2 การทดสอบหาค่าความหนืด

ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น คือการวัดความต้านทานในการไหลของน้ำมันหล่อลื่นนั้นๆ สำหรับน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์จะมีข้อกำหนดจำเพาะมาตรฐานระหว่างประเทศอยู่หลายมาตรฐาน ซึ่งอาจจะต้องทำการวัดค่าความหนืดคิเนเมติคเพิ่มเติมอีกหลายช่วงอุณหภูมิ เช่นที่ 20 ºC, -10 ºC และ 100 ºC (เช่น กรณีของการกำหนดเกรดน้ำมันของ SAE : Society of Automotive Engineers) แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วสำหรับเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลทั่วไปนั้นก็จะทำเฉพาะที่ 40 ºC และ 100 ºC เท่านั้น ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่เปลี่ยนไปนั้นมีผลมาจากหลายองค์ประกอบ ซึ่งอาจจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ตัวอย่างเครื่องมือวัดความหนืดน้ำมันหล่อลื่นแสดงดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 แสดงเครื่องมือวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น (ASTM D-445)

กรณีที่ความหนืดเพิ่มขึ้น

สำหรับในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์นั้นเมื่อมีคราบสิ่งสกปรกหรือสารประกอบที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น หากมีการปะปนเข้ามาด้วยสิ่งสกปรกแขวนลอยที่เป็นของแข็งในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ก็จะทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มสูงขึ้น เช่น ของแข็งแขวนลอยที่มีปริมาณเกินกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลจะทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงมากและทำให้เกิดปัญหาในการสตาร์ท การอุดตันในไส้กรองและส่งผลต่อการขาดสารหล่อลื่นจนทำให้เครื่องยนต์ชำรุดได้

กรณีที่ความหนืดลดลง

ในกรณีของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์หากมีการเจือจางด้วยน้ำมันเชื้อเพลิง จะทำให้มีการลดค่าความหนืดของน้ำมันลงเป็นอย่างมาก หรือการเกิดการตัดเฉือนตัวของสายใยโพลีเมอร์ในน้ำมันหล่อลื่นชนิดเกรดรวมในกรณีการใช้งานของเครื่องยนต์หนัก ก็จะมีผลในการที่ทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลงได้เช่นเดียวกัน

2.7.3 ค่าตัวเลขรวมความเป็นด่าง (TBN)

ค่าตัวเลขรวมความความเป็นด่าง (TBN = Total Base Number) (ASTM D664 D2896, IP177, IP276) ค่า TBN เป็นการวัดค่าความเป็นด่างที่ยังคงมีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น เช่น น้ำมันหล่อลื่นในอ่างน้ำมันเครื่อง ควรต้องถูกตรวจสอบและติดตามโดยต่อเนื่องสำหรับค่า TBN โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรือเดินทะเลและเครื่องยนต์ เมื่อมีความสงสัยว่าคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงหรือก๊าซธรรมชาติมีคุณภาพไม่ดี หากใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทที่มีค่าปริมาณกำมะถันสูงจะทำให้ค่าความเป็นด่างของน้ำมันถูกทำลายลงไปและจะเป็นอันตรายต่อเครื่องยนต์เมื่อน้ำมันเครื่องยนต์ไม่มีความสามารถในการต่อต้านกรดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสันดาปภายใน ในกรณีของน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ค่ารวมความเป็นด่าง ระหว่างการใช้งานนั้น ค่าของตัวเลขรวมความเป็นด่างจะมีการลดระดับลงแสดงให้เห็นว่าน้ำมันมีความเป็นกรดสูงขึ้นซึ่งจะทำให้สามารถคาดคะเนได้ว่าควรจะทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องยนต์เมื่อใด

2.7.4 การวิเคราะห์ด้วยสเปคโตรมิเตอร์

ในการวิเคราะห์ด้วยสเปคโตรมิเตอร์จะสามารถหาธาตุในน้ำมันหล่อลื่นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ระดับร้อยละ ±10 ของค่าที่ระบุเอาไว้ในการทดสอบ ซึ่งจะเป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับในการทดสอบโดยทั่วไป

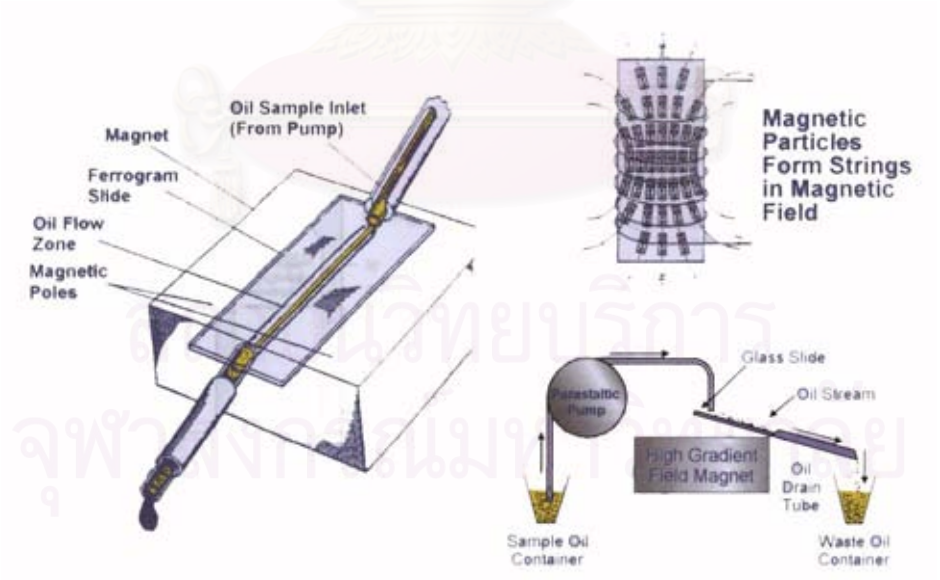
สเปคโตรมิเตอร์จะถูกนำเอาไปใช้ในการตรวจวิเคราะห์หาค่าโลหะจากสารปรุงแต่ง (Additives) ได้แก่ แบเรี่ยม ,แคลเซียม ,สังกะสี ,ฟอสฟอรัสและโบรอน และโลหะหรือธาตุที่มาจากการ

สึกหรอ (Wear Metals) จะสามารถวิเคราะห์หาค่าธาตุ ซึ่งธาตุเหล่านั้นได้แก่ เหล็ก ,อลูมิเนียมและทองแดง ซึ่งการสรุปความหมายจากปริมาณที่วิเคราะห์ได้มีดังนี้

หากพบปริมาณเหล็กในระดับสูงๆ ย่อมเป็นสิ่งที่แสดงว่ามีระดับการสึกหรอของแหวนลูกสูบและปลอกแหวนซึ่งหากระดับของค่าเหล็กมีค่าสูงเกินกว่า 600 ppm ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อชิ้นส่วนในระดับการทำงานปกติ หากพบปริมาณอลูมิเนียมในระดับสูงๆ ย่อมเป็นสิ่งที่แสดงว่ามีระดับการสึกหรอของลูกสูบและหากมีค่าของอลูมิเนียมเกินกว่า 75 ppm จะทำให้เกิดอันตรายต่อชิ้นส่วนในระดับการทำงานปกติ หากพบปริมาณทองแดงในระดับสูงๆ ย่อมเป็นสิ่งที่แสดงว่ามีระดับการสึกหรอของแบริ่งที่มีส่วนผสมของทองแดงและตะกั่ว และหากมีค่าของทองแดงและตะกั่วที่สูงกว่า 75 ppm ถือได้ว่าการสึกหรออยู่ในระดับค่อนข้างที่จะเป็นอันตรายต่อชิ้นส่วน ส่วนปริมาณของตะกั่วในน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซลควรจะมีค่าต่ำกว่า 25 ppm

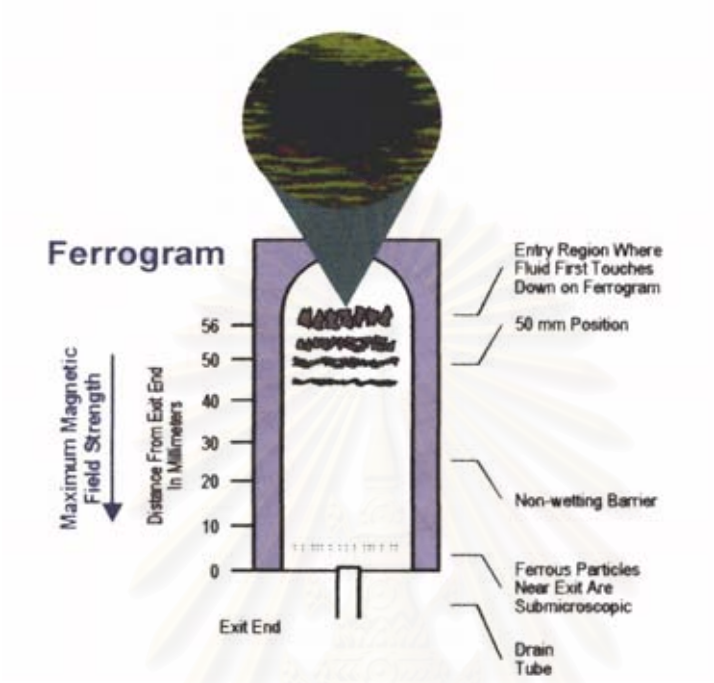
2.7.5 **การวิเคราะห์ด้วยวิธีเฟอร์โรกราฟฟี** (Ferrography)

เทคนิคเฟอร์โรกราฟฟี เป็นหลักในการวิเคราะห์เศษโลหะ (โดยเฉพาะที่เป็นเหล็กหรือวัสดุที่แม่เหล็กดูดได้) ที่ปะปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น วิธีการนี้สามารถใช้เพื่อระบุ แยกแยะ และวิเคราะห์เศษโลหะจากการสึกหรอในน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วโดยหลักการของการใช้อำนาจสนามแม่เหล็กดูดเศษเหล็กจากลำการไหลของน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลผ่านสไลด์ ดังแสดงในรูปที่ 2-13



รูปที่ 2-13 แสดงกระบวนการเฟอร์โรกราฟฟี [14]

โดยเศษเหล็กจะถูกแยกออกด้วยสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเรียงตัวตามขนาดใหญ่ไปหาเล็กและมีแนวโน้มการวางตัวตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก ซึ่งเศษโลหะที่มีขนาดใหญ่จะเกาะติดบนแผ่นสไลด์ก่อนและไล่เรียงขนาดจนถึงขนาดเล็กที่สุดตรงปลายของแผ่นสไลด์ดังแสดงในรูปที่ 2-14



รูปที่ 2-14 แสดงแผ่นสไลด์ที่ใช้ในกระบวนการเฟอร์โรแกรม[14]

การวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไปคือการนำแผ่นสไลด์ มาส่องโดยกล้องจุลทรรศน์เพื่อการศึกษาถึงขนาดและรูปร่างของเศษโลหะ ทำให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของการสึกหรอจากขนาดของอนุภาคและกลไกการสึกหรอ เช่น การสึกหรอแบบยึดติด แบบขูดขีด แบบล้าตัว หรือแบบการกัดกร่อน เป็นต้น

ฟอร์โรกราฟฟีเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ง่ายและรวดเร็วในการแยกเอาเศษอนุภาคการสึกหรอออกจากน้ำมันหล่อลื่น อนุภาคการสึกหรอจากกลไกการสึกหรอชนิดต่างๆ จะมีคุณลักษณะหรือรูปร่างเฉพาะตัวจึงสามารถที่จะระบุได้ว่าเป็นกลไกการสึกหรอประเภทใด เช่น

ก. กรณีที่อนุภาคการสึกหรอที่เกิดขึ้นจากการขัดถูหรือการยึดติด (Rubbing and Adhesive wear) จะมีลักษณะรูปร่างเป็นแผ่นๆ ซึ่งจะบอกให้ทราบว่าเป็นสภาวะปกติของเครื่องยนต์

ข. กรณีที่อนุภาคการสึกหรอจากการมีกลไกการขูดขีดแบบเป็นร่องหรือการขูดตัด (Abrasive or cutting wear) จะทำให้เกิดอนุภาคสึกหรอที่มีรูปร่างเป็นขดหรือเส้นเหมือนเส้นด้าย ซึ่งจะบอกให้ทราบว่าเป็นสภาวะของการสึกหรอของเครื่องยนต์

ค. กรณีที่อนุภาคการสึกหรอจากลักษณะของเศษโลหะที่มีรูปร่างเป็นเส้นด้ายเพิ่มขึ้นมากๆ ก็แสดงว่าเครื่องยนต์จะมีโอกาสชำรุดใกล้เข้ามาแล้ว

2.7.5.1 **การวิเคราะห์อนุภาคการสึกหรอ** (Wear Particle Analysis)

การตรวจสอบอนุภาคจากการสึกหรอแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

ก. ตรวจสอบขนาดของอนุภาค
อนุภาคการสึกหรอที่เกิดขึ้นเนื่องจากกลไกการสึกหรอชนิดต่างๆกัน จะมีขนาดที่แตกต่างกันไป ขนาดที่แตกต่างกันนี้พอที่จะนำมาเป็นข้อวินิจฉัยในการประเมินสภาพของเครื่องยนต์ได้

ข. ตรวจสอบรูปร่างของอนุภาค
รูปร่างของอนุภาคการสึกหรอจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการบ่งชี้ให้เห็นถึงกลไกการสึกหรอ ซึ่งกลไกการสึกหรอที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดอนุภาคการสึกหรอที่แตกต่างกันไป

ค. ตรวจสอบการกระจายทางสถิติของขนาดของอนุภาคการสึกหรอ
การศึกษาถึงลักษณะของ Particle Size Distribution ซึ่งถือได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาอนุภาคการสึกหรอ และการกระจายตัวของขนาดของอนุภาคการสึกหรอ ก็ถือได้ว่าเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

ง. ตรวจสอบองค์ประกอบของอนุภาค
การตรวจสอบองค์ประกอบของอนุภาคการสึกหรอนั้นนับได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่ทำให้ได้ทราบว่าอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนใดของเครื่องยนต์สึกหรอบ้าง

2.7.5.2 **การศึกษาอนุภาคการสึกหรอเชิงจุลภาค** (Wear Particle Microscopic Examination)

ก. การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical Microscope) ใช้ในการตรวจตัวอย่างของอนุภาคการสึกหรอที่เก็บตัวอย่างสารหล่อลื่นที่สุ่มมาจากเครื่องยนต์

ข. การศึกษาด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM) เหตุผลที่ใช้กล้องชนิดนี้มาแทนกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดา เนื่องจากกล้องจุลทรรศน์โดยทั่วไปจะมีจุดด้อยตรงที่ไม่สามารถให้กำลังขยายที่สูงมากๆได้ และยังไม่สามารถที่จะขยายภาพเพื่อศึกษา ณ จุดใดๆที่ต้องการได้อย่างชัดเจนเท่าที่ต้องการ

ค. การศึกษาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) ซึ่งนับได้ว่าการศึกษาชนิดนี้เป็นการรวมเอาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีด้านการใช้กล้องจุลทรรศน์เข้าด้วยกัน โดยจะตรวจตัวอย่างอนุภาคการสึกหรอด้วยกล้องจุลทรรศน์และจะถ่ายทอดสัญญาณภาพไปยังคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมในการวิเคราะห์ผล

2.7.6 **การวิเคราะห์ด้วยวิธี** FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)[14]

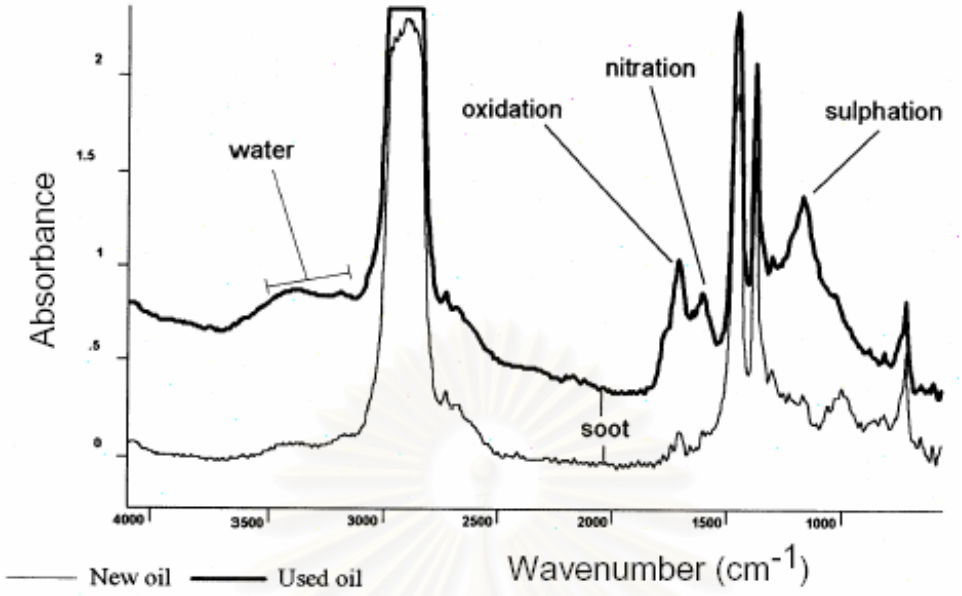
การวิเคราะห์ FTIR เป็นการวิเคราะห์ในระดับโมเลกุล เป็นวิธีการที่ใช้หาปริมาณขององค์ประกอบต่างๆ ของน้ำมันหล่อลื่นได้อย่างรวดเร็วเพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพน้ำมันหลัก สภาพสารเคมีเพิ่มคุณภาพ และสิ่งสกปรกปนเปื้อน โดยให้ค่าที่แม่นยำและเชื่อถือได้ หลักการในการวัดจะทำการผ่านรังสีอินฟาเรด ซึ่งมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.00008 เซนติเมตรถึง 0.04 เซนติเมตร ไปยังน้ำมันหล่อลื่นที่จะทำการทดสอบ ส่วนประกอบของน้ำมันที่เป็นสารประกอบต่างๆ ก็จะดูดซับปริมาณรังสีที่ช่วงความถี่จำเพาะที่ต่างกันไว้ เนื่องจากแต่ละพันธะในโมเลกุลจะดูดซับรังสีที่ช่วงความถี่ที่ต่างกัน ผลที่ได้จะแสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับรังสี(Abs) กับส่วนกลับของความยาวคลื่น (Wave Number , $cm.^{-1}$) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณและองค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่ในน้ำมันหล่อลื่นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากน้ำมันหล่อลื่นที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2-15

2.7.6.1 **ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี** FTIR

ก. ค่าออกซิเดชั่น

ในระบบหล่อลื่น สารอินทรีย์จะเกิดการแยกตัวที่สภาวะอุณหภูมิและความดันที่สูงประกอบกับการมีออกซิเจนอยู่บริเวณรอบ ในกระบวนการ FTIR จะหาค่าออกซิเดชั่นจากพันธะ คาร์บอนิล (Carbonyl) ซึ่งมีช่วงความถี่จำเพาะของการดูดซับรังสีอินฟาเรดระหว่าง 1,800 ถึง 1,670 เซนติเมตร$^{-1}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-15 แสดงปริมาณการดูดซับรังสีอินฟาเรดในแต่ละช่วงความถี่ ของน้ำมันหล่อลื่น[14]

ข. ค่าไนเตรชั่น

ลักษณะการเกิดไนเตรชั่น จะเกิดที่สภาวะอุณหภูมิและความดันที่สูงเช่นเดียวกับการเกิดออกซิเดชั่น ประกอบกับการมีไนโตรเจนและออกซิเจนอยู่บริเวณรอบ โดยทั่วไปการเกิดไนเตรชั่นจะอยู่ในรูปของ NO , NO_2 และ N_2O_4 ซึ่งมีช่วงความถี่จำเพาะของการดูดซับรังสีอินฟาเรดระหว่าง 1,650 ถึง 1,600 เซนติเมตร$^{-1}$ การเกิดไนเตรชั่นเป็นสาเหตุทำให้เกิดคราบยางเหนียวและ Lacquer สาเหตุของการเกิดไนเตรชั่นมาจาก การปรับอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงต่ออากาศที่ไม่ถูกต้อง การปรับจังหวะการจุดระเบิดที่ไม่เหมาะสม หรือมาจากสภาวะการทำงานที่ภาระสูง ซึ่งจะทำให้เกิดอุณหภูมิการทำงานและปริมาณ Blow – by ที่สูงตามไปด้วย

ค. ค่าซัลเฟชั่น

เกิดจากกำมะถัน (Sulphur) ซึ่งพบได้ในน้ำมันเชื้อเพลิง และอาจพบได้ในสารเติมแต่งบางชนิดในน้ำมันหล่อลื่น การเกิดซัลเฟชั่น จะอยู่ในรูปของ SO_3 และ SO_2 ซึ่งช่วงความถี่จำเพาะของการดูดซับรังสีอินฟาเรด อยู่ระหว่าง 1,180 ถึง 1,120 เซนติเมตร$^{-1}$ การเกิดซัลเฟชั่นจะทำให้เกิด คราบยางเหนียว กากตะกอน และทำให้น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมคุณภาพลง นอกจากนั้นสารประกอบที่เกิดขึ้นยังสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำซึ่งเกิดระหว่างการเผาไหม้ กลายเป็น
กรดซัลฟูริก ซึ่งจะทำลายการรวมตัวของสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่น

ง. ปริมาณเขม่า

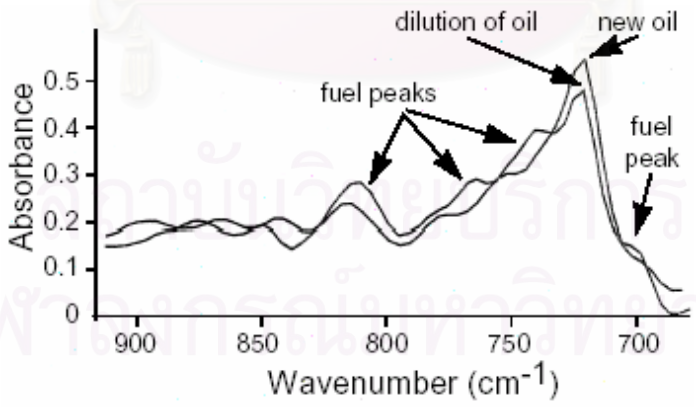
เขม่า เกิดจากอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศมีค่าสูง การเพิ่มปริมาณของเขม่าในน้ำมันหล่อลื่นแสดงให้เห็นถึงปัญหาจากการเผาไหม้ หรือช่วงเวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องและไส้กรองที่นานเกินไป ปริมาณเขม่าที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดและทำให้เกิดการอุดตันที่ไส้กรอง และอ่างน้ำมันหล่อลื่น

การวิเคราะห์ปริมาณเขม่าจะต่างจากวิธีที่ได้กล่าวมาข้างต้นซึ่งใช้เทคนิคการหาพื้นที่ใต้กราฟ เนื่องจากเขม่าจะไม่มีช่วงความถี่จำเพาะของการดูดซับรังสีอินฟาเรดที่แน่นอน ดังนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการวัด จึงทำการวัดปริมาณการดูดซับที่ความถี่ 2,000 เซนติเมตร$^{-1}$

จ. ปริมาณเชื้อเพลิง

ปริมาณเชื้อเพลิงที่พบในน้ำมันหล่อลื่นมีสาเหตุมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเชื้อเพลิงทั่วไป จะประกอบด้วยโมเลกุลของของสารประกอบมากมาย ทั้งสารประกอบแอลิแฟติก เช่น ออกเทน และสารประกอบอโรมาติก เช่น เบนซีน และอีกมากรวมกันเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันเชื้อเพลิง

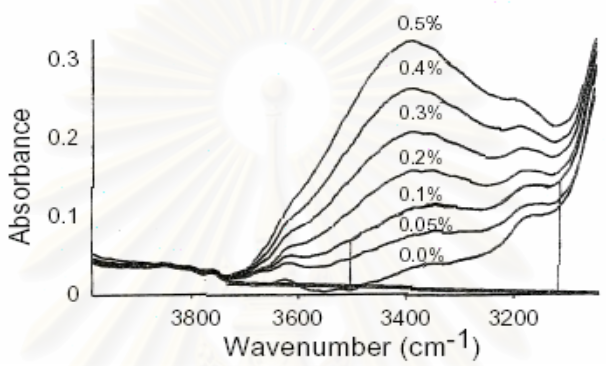
การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเพลิงที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น ด้วยวิธี FTIR สามารถทำได้โดย หาช่วงความถี่ของการดูดซับในแต่ละส่วนประกอบของเชื้อเพลิง แล้วนำช่วงความถี่ที่ได้มาเปรียบเทียบในช่วงการดูดซับของน้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในรูปที่ 2-16 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมีหลายช่วงความถี่ตามสารประกอบมากมายที่พบในน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 2-16 แสดงการเปรียบเทียบค่าการดูดซับของน้ำมันใหม่กับน้ำมันที่มีเชื้อเพลิงปนเปื้อน[14]

ฉ. ปริมาณน้ำ

ปริมาณที่พบในน้ำมันหล่อลื่นใช้ในการตรวจสอบการรั่วของน้ำจากระบบหล่อเย็น โดยน้ำจะดูดซับรังสีอินฟาเรดในปริมาณที่มาก ซึ่งทำให้ง่ายต่อการตรวจพบ ดังแสดงในรูปที่ 2-17 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ช่วงความถี่ของน้ำที่ดูดซับรังสีอินฟาเรด เป็นช่วงที่มีปริมาณการดูดซับรังสีของน้ำมันหล่อลื่นน้อย



รูปที่ 2-17 แสดงช่วงความถี่จำเพาะที่น้ำสามารถดูดซับรังสีอินฟาเรดได้[14]

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี FTIR สามารถ แสดงผลออกมาเป็น Absorbance Unit (Abs) ยกเว้นค่า การปนเปื้อนของน้ำ,ไกลคอล,เชื้อเพลิง และเขม่า ซึ่งแสดงผลเป็นร้อยละของการปนเปื้อน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวกับก๊าซธรรมชาติในระบบเชื้อเพลิงร่วม [7]

การดัดแปลงเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดเพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซนั้นสามารถทำได้สองรูปแบบ ได้แก่ แบบใช้เชื้อเพลิงก๊าซ 100% เป็นการเปลี่ยนจากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดไปเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟโดยการแทนที่หัวฉีดด้วยหัวเทียน แบบที่สองคือดัดแปลงเครื่องยนต์ให้เป็นระบบเชื้อเพลิงคู่(Diesel Dual Fuel Engine, DDF) ซึ่งเครื่องยนต์ยังคงจุดระเบิดด้วยการอัด โดยมี Diesel Pilot Injection เป็นตัวจุดระเบิด ส่วนเชื้อเพลิงก๊าซจะผสมกับอากาศในระบบไอดีก่อนไหลเข้าห้องเผาไหม้ เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดนั้นอากาศไหลเข้าห้องเผาไหม้แบบเต็มที่(WOT) ไม่มีการควบคุมอัตราการไหลของอากาศ เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจึงทำงานที่ส่วนผสมที่บาง($\phi < 1$) ดังนั้น การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลปกติจากแบบจุดระเบิดด้วยการอัดไปเป็นแบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ(โดยการแทนที่หัวฉีดด้วยหัวเทียน) แม้มีข้อดีที่สามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซได้ 100% ก็ตาม แต่การจุดระเบิดส่วนผสมที่ค่อนข้างบางด้วยประกายไฟจากหัวเทียนนั้นเป็นไปได้

ยาก จำเป็นต้องใช้วิธีการที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหาของระบบจุดระเบิด ในขณะที่ปัญหานี้ไม่พบในเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยการอัด (เพียงปรับจังหวะการฉีดและปริมาณ pilot injection อย่างเหมาะสมเท่านั้น) เพราะการจุดระเบิดด้วยการ pilot injection นั้น ให้พลังงานต้นกำเนิดในการจุดระเบิดที่ดีกว่านั่นเอง(potential ignition source) จึงยังมีความจำเป็นที่ต้องใช้ระบบเชื้อเพลิงคู่ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ดัดแปลงมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซ

2.8.1 **ลักษณะการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดระบบเชื้อเพลิงคู่** [8]

ในปี 1995 G.A.Karim [8] ได้เสนอแบบจำลองการเผาไหม้แบบ multi zones สำหรับการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ DDF ซึ่งในที่นี้จะไม่กล่าวถึงรายละเอียดการคำนวณของแบบจำลองดังกล่าว แต่จะกล่าวถึงแนวความคิดเกี่ยวกับกระบวนการการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ สรุปได้ดังนี้

2.8.1.1 **ช่วงก่อนการ** pilot

ในจังหวะดูด เชื้อเพลิงก๊าซถูกดูดเข้าระบบไอดีผสมกับอากาศแล้วไหลเข้าสู่กระบอกสูบ และเมื่อเข้าสู่จังหวะอัดก๊าซผสมถูกอัดให้มีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้น ตลอดช่วงจังหวะอัดที่ลูกสูบเคลื่อนที่จาก BDC จนถึง TDC ได้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างเชื้อเพลิงก๊าซและอากาศเกิดผลิตภัณฑ์จำพวก intermediate species เช่น radicals, CO, formaldehyde ขึ้น ซึ่งกระบวนการและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในช่วงนี้ G.A.Karim [8] เชื่อว่ามีผลกระทบต่อเนื่องที่ความสำคัญถึงกระบวนการการจุดระเบิดของน้ำมันดีเซลและการเผาไหม้ ที่เกิดตามมา

2.8.1.2 **เมื่อเกิดการ** pilot

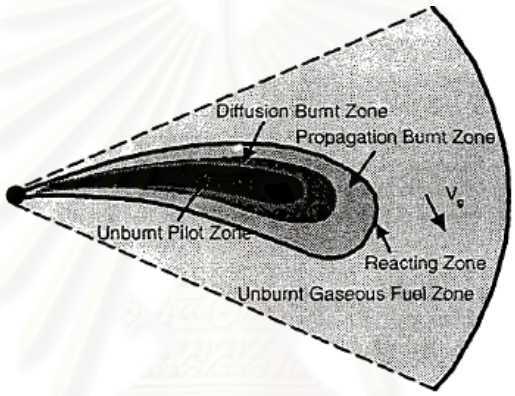
การฉีดน้ำมันดีเซลด้วยแรงดันสูง ทำให้น้ำมันดีเซลแตกเป็นฝอยละอองและพุ่งเป็นลำรูปทรงกรวยเข้าสู่ห้องเผาไหม้ การพุ่งของลำสเปรย์ก่อให้เกิดโมเมนตัมดูดก๊าซผสมที่อยู่รอบข้างเข้ามาผสมกับฝอยละอองน้ำมันดีเซลที่อยู่บริเวณขอบริมของลำสเปรย์ เนื่องจากเชื้อเพลิงก๊าซเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการต่างๆด้วยทำให้ลักษณะการจุดระเบิดและเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลต่างจากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดทั่วไป เชื่อว่าบริเวณที่ jet break up เป็นบริเวณที่เกิด flammable region โดยที่อัตราการเข้าผสมระหว่างฝอยละอองดีเซลและก๊าซผสมจะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของสเปรย์ ปริมาณการฉีด และความเข้มข้นของเชื้อเพลิงก๊าซในกระบอกสูบ

2.8.1.3 **การจุดระเบิด**

G.A.Karim ได้ตั้งสมมุติฐานว่าการจุดระเบิดเกิดขึ้นครั้งแรกที่บริเวณ flammable region ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาร่วมระหว่างดีเซลและก๊าซผสมมากที่สุด หลังจากผ่าน

ช่วงหน่วงการจุดระเบิด และเกิดการจุดระเบิดตามมา สามารถแบ่งรูปแบบการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นสองแบบคือ

a) การเผาไหม้แบบ premixed burn ที่เปลวไฟลามไปตามส่วนผสมที่เป็น flammable region ซึ่งได้ผสมกันอยู่ก่อนแล้ว
b) การเผาไหม้แบบ diffusion ที่เชื้อเพลิงและ oxidizer ยังแยกกันอยู่ ฝอยละอองดีเซลเกิดการระเหยและผสมกับอากาศที่ถูกโมเมนตัมของลำสเปรย์ดูดให้เคลื่อนที่เข้ามา ลักษณะการเผาไหม้แบบนี้เกิดที่บริเวณแกนกลางของลำสเปรย์ที่มีส่วนผสมหนาเกินกว่าที่จะเกิดการลุกไหม้แบบ premixed burn ได้ในทันที



รูปที่ 2-18 แสดงบริเวณต่างๆของ Charge ภายในห้องเผาไหม้เครื่องยนต์จุดระเบิดเชื้อเพลิงคู่ [8]

จากรูปที่ 2-18 G.A.Karim ได้แบ่งบริเวณต่างๆของ Charge เป็น 5 บริเวณ โดยเริ่มจากบริเวณแกนกลางของลำสเปรย์เป็นลำดับแรก อธิบายได้ดังนี้

ก. unburnt pilot zone

ได้แก่บริเวณแกนกลาง(core) ของลำสเปรย์ เป็นบริเวณที่มีส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศหนาเกินกว่าที่จะสามารถเกิดการลุกไหม้ได้ในทันที เนื่องจากเป็นบริเวณที่อับอากาศมากที่สุดและมีความเป็นฝอยละอองต่ำที่สุด

ข. diffusion burned zone

ได้แก่บริเวณที่อยู่ถัดออกมาจากแกนกลางของลำสเปรย์(unburnt pilot zone) ซึ่งน้ำมันดีเซลมีโอกาสสัมผัสกับอากาศได้มากขึ้นเป็นบริเวณที่เกิดการเผาไหม้แบบ diffusion เหมือนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป และคาดว่ามีอัตราส่วนสมมูลใกล้เคียงค่า stoichiometric โดยทิศทางการเผาไหม้จะเคลื่อนที่เข้าสู่แกนกลางของลำสเปรย์ กล่าวคือ ฝอยละอองน้ำมันดีเซลระเหย

ออกมาเป็นไอผสมกับอากาศที่กำลังเคลื่อนที่เข้าสู่แกนกลางของลำสเปรย์ เป็นการเผาไหม้ที่ควบคุมโดยอัตราการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศนั่นเอง (mixing control)

ค. propagation burnt zone

ได้แก่บริเวณรอบนอกที่อยู่ถัดออกมาจากบริเวณ diffusion burned zone เป็นบริเวณที่เกิดการผสมกันระหว่างฝอยละอองของน้ำมันดีเซลกับก๊าซผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงก๊าซ เกิดการฟอร์มตัวเป็น flammable region เป็นบริเวณที่เริ่มเกิดการจุดระเบิดเป็นครั้งแรกแล้วเกิดการลามของเปลวไฟไปในปริมาตรของ flammable region ที่ห่างจากแกนกลางของสเปรย์ออกไป ลักษณะการเผาไหม้เป็นแบบ premixed burn คือ เชื้อเพลิงและอากาศได้ผสมกันอยู่ก่อนการเผาไหม้แล้ว

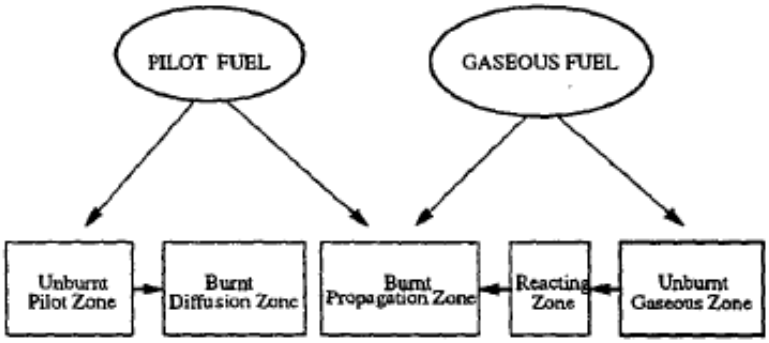
ง. unburnt gaseous fuel zone

ได้แก่บริเวณที่ยังไม่เกิดการเผาไหม้หรือเปลวไฟยังลามออกมาไม่ถึง เป็นบริเวณรอบนอกที่เหลือทั้งหมดถัดจาก propagation burnt zone (ที่เปลวไฟได้ลามผ่านไปแล้ว) ซึ่งทันทีที่ charge ที่อยู่ภายในบริเวณ unburnt gaseous zone เคลื่อนที่เข้าสู่ burnt zone จะเกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาทันทีที่บริเวณขอบรอยต่อระหว่างสองบริเวณดังกล่าว

จ. reacting zone

ในการเผาไหม้โดยทั่วไปแล้ว บริเวณรอยต่อระหว่าง unburnt zone และburnt zone (บริเวณขอบริมของ flame front) หรือที่เรียกว่า reacting zone นั้นจะเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว จนสามารถที่จะตั้งสมมุติฐานได้ว่าพลังงานจากการเผาไหม้ถูกปลดปล่อยออกมาทันทีที่ขอบริมนั้นๆ เกิดเป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ในทันทีที่ charge ได้เคลื่อนผ่านขอบริมดังกล่าว ถือว่าไม่มีมวล(m=0) อยู่ภายในบริเวณขอบริมของพื้นที่ทั้งสอง สามารถละพื้นที่ reacting zone ไว้ไม่ต้องนำมาพิจารณาในการคำนวณ

แต่อย่างไรก็ตามที่ภาระต่ำ(very light load)ในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ ซึ่งใช้ปริมาณน้ำมันดีเซลต่ำมาก ทำให้การลามของเปลวไฟจากบริเวณ flammable region ที่เกิดการจุดระเบิดไปสู่ก๊าซผสมโดยรอบที่บางมากๆนั้นเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้ระยะเวลาหน่วงการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ก็ยาวกว่าในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ใช้น้ำมันดีเซลปกติ ดังนั้นเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงในจังหวะขยายตัว ปริมาตรห้องเผาไหม้ขยาย อุณหภูมิของ charge ที่อยู่ภายในบริเวณ burnt zone ลดลงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของก๊าซผสมที่ช้าอยู่แล้วกลับช้ายิ่งขึ้นไปอีก จากสาเหตุดังกล่าวนี้จะเกิด unconverted gaseous fuel, CO สะสมอยู่ภายใน reacting zone เพิ่มมากขึ้น เป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์สังเกตได้จากปริมาณเชื้อเพลิงก๊าซที่ไม่ผ่านการเผาไหม้ที่ปล่อยออกทางไอเสีย G.A.Karim จึงได้กำหนดให้มีบริเวณ reacting zone ในการคำนวณที่ภาระต่ำเนื่องจากเกิดมีมวลของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยา partial oxidation อยู่ในบริเวณ reacting zone จำนวนมาก($m \neq 0$) สามารถสรุปแผนผังกระบวนการเผาไหม้ใน DDF ได้ดังรูปที่ 2-3



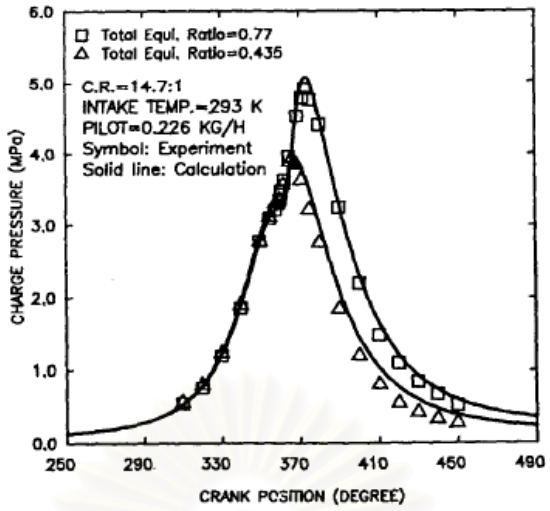
รูปที่ 2-19 แสดงแผนผังกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ DDF [8]

จากลักษณะข้างต้นก๊าซผสมระหว่างเชื้อเพลิงก๊าซกับอากาศที่กระจายตัวอยู่ทั่วไปภายในห้องเผาไหม้ในแต่ละพื้นที่จึงมีการเผาไหม้ที่ต่างกัน โดยอัตราการเผาไหม้ในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ต่างกัน ดังนี้

A. อัตราการเผาไหม้บริเวณ diffusion burnt zone อัตราการเผาไหม้ของก๊าซผสมภายในบริเวณนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลโดยตรง
B. อัตราการเผาไหม้ในบริเวณ flammable region เกิดการเผาไหม้แบบ premixed burn ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของสเปรย์ ความเข้มข้นของเชื้อเพลิงก๊าซ เป็นต้น
C. อัตราการเผาไหม้บริเวณรอบนอก ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเชื้อเพลิงก๊าซและขนาดปริมาตรของ flammable zone หากมีปริมาณก๊าซมากก็จะได้ flammable zone ที่ขยายกว้างมากขึ้น สามารถแปลงก๊าซผสมใน unburned zone ให้เข้ามาอยู่ใน burned zone ได้มากขึ้น การลามของเปลวไฟดีขึ้น การเพิ่มความเข้มข้นก๊าซจึงมีผลโดยตรงต่อขนาดของ flammable zone แต่หากความเข้มข้นก๊าซมากเกินไปจะทำให้เกิด knock จากการ auto ignition ของเชื้อเพลิงก๊าซที่อยู่รอบนอกก่อนที่ flame front จากแหล่งจุดระเบิดจะลามไปถึงได้เช่นกัน

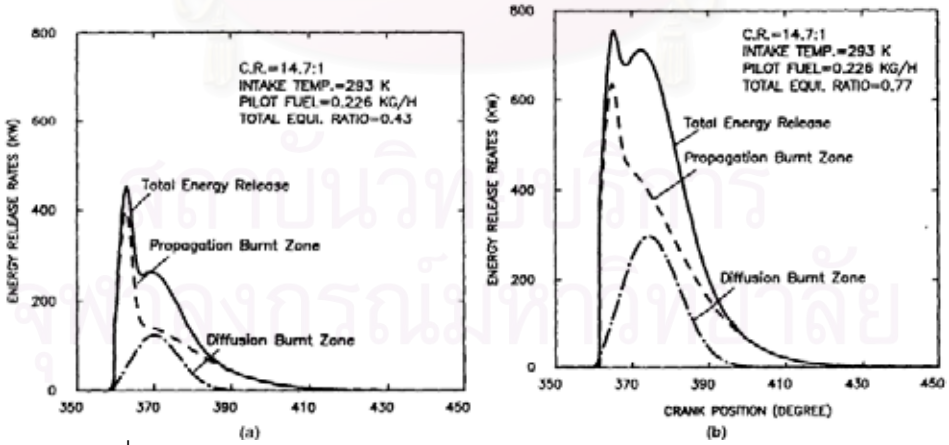
เมื่อนำผลการคำนวณจากแบบจำลองการเผาไหม้ดังกล่าวนี้เปรียบเทียบกับผลการทดลอง พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ดังรูปที่ 2-20

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-20 แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณความดันในกระบอกสูบ(แนวเส้นทึบ)และผลจากการทดสอบที่อัตราส่วนสมมูลรวมเท่ากับ 0.77 (สี่เหลี่ยม) และ 0.435 (สามเหลี่ยม) ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงที่ใช้มีเทนเป็นเชื้อเพลิง [8]

G.A.Karim ได้แบ่งช่วงการปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ได้สองช่วง ดังรูปที่ 2-21 ช่วงที่หนึ่ง(ยอดกราฟแรกของเส้น total energy release) เป็นการปลดปล่อยพลังงานจากการจุดระเบิดในบริเวณ flammable region ซึ่งเป็นการเผาไหม้แบบ premixed burn พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่มาจาก pilot diesel และอีกเล็กน้อยจากก๊าซผสมที่อยู่บริเวณขอบรอบ pilot diesel ช่วงที่สอง(ยอดกราฟที่สองของเส้น total energy release) อัตราการปลดปล่อยพลังงานในจังหวะถัดมาเกิดจากการเผาไหม้แบบ diffusion burn ในบริเวณ diffusion burnt zone



รูปที่ 2-21 แสดงผลการคำนวณอัตราการปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ ที่อัตราส่วนสมมูล a) 0.43 และ b) 0.77 [8]

อัตราการปลดปล่อยพลังงานและช่วงระยะเวลาที่เกิดการปลดปล่อยพลังงานนั้นจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงก๊าซเป็นสำคัญ โดยที่ภาระต่ำอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อน

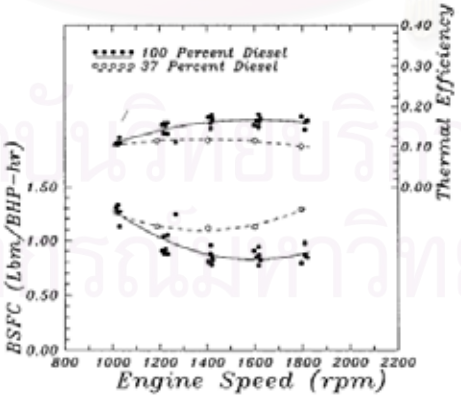
ในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่มีลักษณะคล้ายกับอัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนในเครื่องยนต์ดีเซล(ดูรูป 2-21a) พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่มาจาก pilot diesel กล่าวคือบริเวณ flammable region ถูกจำกัดไว้เพียงรอบขอบของ diesel pilot ความเข้มข้นของเชื้อเพลิงก๊าซยังต่ำส่วนผสมที่อยู่ห่างออกไปค่อนข้างบาง และเมื่อพิจารณาที่ภาระสูงอัตราการปลดปล่อยพลังงานจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ต่างจากเครื่องยนต์ดีเซลจะพบว่ายอดแหลมที่สอง(เส้นทึบ)สูงขึ้นมากและใกล้เคียงกับยอดที่หนึ่งเนื่องจากความเข้มข้นของเชื้อเพลิงก๊าซมากขึ้น ขนาดปริมาตรของ flammable region เพิ่มมากขึ้น ขยายกว้างออกไปจากรอบขอบริมของ diesel pilot มากขึ้น พลังงานที่ปลดปล่อยจากเชื้อเพลิงก๊าซมากขึ้น

2.8.2 ปัญหาที่พบจากการใช้เครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่

ปัญหาที่เกิดจากการนำเชื้อเพลิงก๊าซไปใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดสามารถจำแนกปัญหาตามสภาวะการทำงานได้ดังนี้

2.8.2.1 ที่สภาวะภาระต่ำ (low load) [10]

เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ มีการแปรปรวนของการเผาไหม้วัฏจักรต่อวัฏจักร(cyclic variations) ระยะเวลาหน่วงการจุดระเบิด(ignition delay period)ยาวนานกว่าเครื่องยนต์ดีเซลปกติ พบเชื้อเพลิงก๊าซที่ไม่ผ่านการเผาไหม้ถูกปล่อยออกมากับไอเสียจำนวนมาก และมีปริมาณ UHC, CO สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลปกติ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิงต่ำ ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเบรกสูงและสิ้นเปลืองมากยิ่งขึ้นเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่รอบสูง ดังรูปที่ 2-22



25% of Full Load

รูปที่ 2-22 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรก และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิง ของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงคู่ ที่ ¼ load [10]

ทั้งนี้เนื่องจากที่ภาระต่ำเครื่องยนต์ต้องการปริมาณน้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงก๊าซไม่มาก ขณะที่เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดเปิดรับอากาศเต็มที่(WOT) ทำให้สัดส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศที่ไหลเข้าห้องเผาไหม้ค่อนข้างบางเบาและกระจัดกระจาย การจุดระเบิดไม่แน่นอนและการลามของเปลวไฟเป็นไปได้ยาก(ลามช้าและดับง่าย) เปลวไฟไม่สามารถลามท่วมก๊าซผสมได้หมดก่อนเข้าสู่จังหวะขยายตัว เป็นที่มาของความสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเบรกข้างต้น และพบ UHC,CO สูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลปกติทั่วไป เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่รอบสูงปริมาณอากาศก็สูงขึ้นด้วยทำให้ปัญหาความบางของส่วนผสมส่งผลเด่นชัดมากขึ้น G.A Karim[11] ได้อธิบายสาเหตุหลักของปัญหาที่พบที่ภาระต่ำในทำนองเดียวกันว่าเปลวไฟต้นกำเนิดจากบริเวณที่เกิดการจุดระเบิดไม่สามารถลามได้รวดเร็วพอไปในก๊าซผสมที่ค่อนข้างบาง(too lean charge)และบางกว่าค่า effective flammability limit ภายใต้สภาวะนั้นๆ จากสาเหตุดังกล่าวนี้ G.A Karim ได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยมุ่งไปที่

ก. ปัญหาจากเปลวไฟต้นกำเนิด โดยให้พยายามเพิ่มพลังงานในการจุดระเบิดด้วยการเพิ่ม ignition sources ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการเพิ่ม diesel pilot quantity เป็นต้น

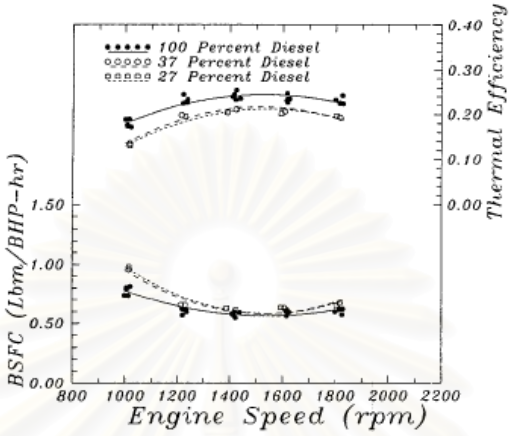
ข. ปัญหาจากก๊าซผสมที่ค่อนข้างบาง โดยให้พยายามเพิ่มค่าอัตราส่วนสมมูลรวมด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของเชื้อเพลิงก๊าซ

ค. ปัญหาจากค่า effective flammability limit โดยให้พยายามขยายช่วงดังกล่าวนี้ให้กว้างขึ้นโดยเฉพาะขยายขีดกำจัดด้านต่ำลงไปอีกด้วย การฉีดดีเซลล่วงหน้ามากขึ้น เป็นต้น

ที่ประเทศจีน Jian et al. [9] ได้ออกแบบและทดสอบระบบจ่ายเชื้อเพลิงที่สามารถควบคุมอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมแบบอัตโนมัติ สำหรับใช้ในรถขนส่งมวลชน โดยมีกลไกควบคุมจากแป้นคันเร่งไปยังปั๊มเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลและต่อเข้ากับลูกเบี้ยวที่สามารถควบคุมการเปิดปิดก๊าซวาล์วของก๊าซหุงต้ม ซึ่งรูปทรงของลูกเบี้ยว(cam profile)ดังกล่าวได้มาจากการทดสอบเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ พบว่ารถยนต์ที่ติดตั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงดังกล่าวสามารถตอบสนองการขับขี่ได้เช่นเดียวกับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลปกติ โดยที่ภาระต่ำกว่า 25% Full Load พบว่าควรใช้ก๊าซหุงต้มน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ตามปกติ เนื่องจากที่ภาระต่ำอุณหภูมิห้องเผาไหม้ไม่สูง ระยะเวลาหน่วงการจุดระเบิดนานขึ้น จุดติดยาก อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรกสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลปกติ ขณะที่ภาระสูงกว่า 75% Full Load ควรใช้ก๊าซหุงต้มประมาณ 40% ของพลังงานรวมทั้งหมดและหากใช้ก๊าซหุงต้มมากกว่านี้จะเกิดการน็อก

2.8.2.2 **ที่สภาวะภาระปานกลาง** (medium load) [10]

ส่วนที่ภาระปานกลางพบว่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ยังคงสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลปกติแต่เมื่อรอบสูงขึ้นความต่างของอัตราสิ้นเปลืองจะลดลง ดังรูปที่ 2-23



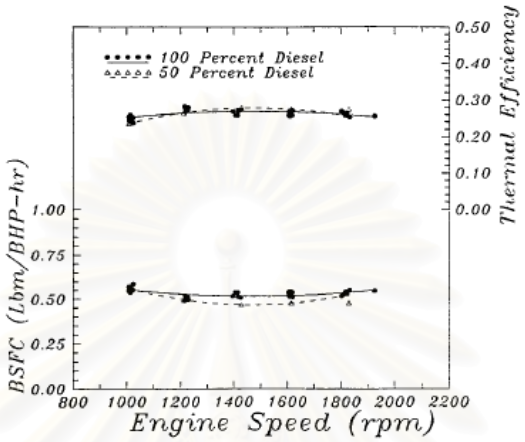
50% of Full Load

รูปที่ 2-23 แสดงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรก และค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนเชื้อเพลิง ของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงคู่ ที่ 50% load [10]

ที่ภาระปานกลาง จากลักษณะการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ที่เป็น premixed burn ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นเมื่อส่วนผสมเปลี่ยนจากบางมาเป็นหนามากขึ้น $(\phi_t \to 1.0)$ แต่เครื่องยนต์ดีเซลปกติมีลักษณะการเผาไหม้แบบ diffusion burn ซึ่งถูกควบคุมด้วยการผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง (mixing control)การลามของเปลวไฟไม่ใช่แบบทันทีทันใด เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นหมายถึงมีระยะเวลาสำหรับการเผาไหม้ลดลงทำให้การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลปกติแย่ลง ความต่างของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรกจึงลดลงเมื่อรอบสูงขึ้นที่ภาระปานกลาง นอกจากนี้ไม่พบความต่างของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรกระหว่างสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงดีเซลที่ 27% และ ที่ 37% ของปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ในกรณีเครื่องยนต์ดีเซลปกติที่ภาระเดียวกัน อีกเหตุผลหนึ่งที่เครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรกสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลปกติที่ภาระต่ำถึงปานกลางเนื่องจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงก๊าซเองที่มีอุณหภูมิการจุดระเบิดด้วยตนเองที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้จุดติดยากกว่า ระยะเวลาหน่วงการจุดระเบิดยาวนานกว่าเครื่องยนต์ดีเซลทุกสภาวะการทำงาน ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่เกิดการจุดระเบิดจึงเป็นจังหวะที่ไม่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2.8.2.3 **ที่สภาวะภาระสูงถึงสูงสุด** (high load) [10]

พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ดีเซลปกติและบางครั้งสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มากกว่าเล็กน้อย ดังรูปที่ 2-24



รูปที่ 2-24 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวมจำเพาะเบรก และค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ แบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม(IDI) ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงคู่ ที่ภาระสูงสุด (100% load) [10]

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ซึ่งมีลักษณะการเผาไหม้แบบ premixed burn จะทำงานได้ดีขึ้นเมื่อส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศหนาขึ้น $(\phi_t \rightarrow 1.0)$ และที่ภาระสูงนี้มีส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศหนาและมีความร้อนสูงเพียงพอสำหรับการลามของเปลวไฟท่วมก๊าซผสมในห้องเผาไหม้ ขณะที่เครื่องยนต์ดีเซลปกติที่มีการเผาไหม้แบบ diffusion burn ออกซิเจนเริ่มไม่เพียงพอสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เมื่อส่วนผสมหนาขึ้น พบว่าค่าอุณหภูมิก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่จะต่ำกว่าอุณหภูมิก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลปกติ เพราะการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ภายในระยะเวลาที่สั้นกว่าของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงคู่ที่ภาระสูงนี้ ทำให้มีเวลาสำหรับการถ่ายเทความร้อนจาก charge ไปสู่ผนังห้องเผาไหม้มากกว่า ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลปกตินั้นกระบวนการเผาไหม้ยังคงมีอยู่จนล่วงเข้าสู่จังหวะคาย ทำให้อุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นที่สภาวะภาระสูง คือ การเกิดน็อก เนื่องจากคุณสมบัติของสารทำงานที่เปลี่ยนไป ไอดีที่ไหลเข้าเครื่องยนต์มิใช่อากาศเพียงอย่างเดียวแต่เป็นก๊าซผสมระหว่างอากาศและก๊าซหุงต้มที่พร้อมสำหรับการเผาไหม้แล้ว เมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีลักษณะการเผาไหม้แบบ premixed combustion ที่ภาระสูงอุณหภูมิห้องเผาไหม้สูง มีการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงก๊าซมาก หากปริมาตรที่เกิดการเผาไหม้พร้อมกันมีขนาดใหญ่ การระเบิดมีความรุนแรงมากอาจทำให้เครื่องยนต์

ได้รับความเสียหายได้ สามารถสังเกตการเกิดน็อกได้จากความเร็วรอบของเครื่องยนต์ตก เสียงดังจากการเผาไหม้ที่สูงแหลมและแรงบิดที่ได้ลดต่ำลงทันที เป็นปัจจัยหลักในการจำกัดปริมาณของการใช้เชื้อเพลิงก๊าซแทนน้ำมันดีเซลที่ภาระสูง(เปอร์เซ็นต์การใช้เชื้อเพลิงก๊าซแทนที่น้ำมันดีเซลที่ภาระสูงนั้นต่ำกว่าที่ภาระต่ำ) และหากใช้เชื้อเพลิงก๊าซมากไปจะทำให้แรงบิดเบรกสูงสุดที่เครื่องยนต์สามารถทำได้ลดลงด้วย(knock torque limit)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงาน โดยรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 3-1

รูปที่ 3-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ส่วนแรกเป็นการทดสอบรถตู้ที่ใช้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและความทนทานของเครื่องยนต์ดีเซลเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลระบบเชื้อเพลิงร่วม สำหรับรถตู้ทั้งสองคันที่นำมาทดสอบ มีอายุการใช้งาน

ใกล้เคียงกัน โดยก่อนนำมาทดสอบ ได้ทำการเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง, น้ำมันเกียร์, น้ำมันเฟืองท้าย และน้ำหล่อเย็น เพื่อควบคุมสภาวะเริ่มต้นก่อนการทดสอบของรถยนต์ทั้งสองคัน

ส่วนที่สองเป็นการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง เป็นการติดตามผลจากการใช้งานจริงเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่าควันดำ และเฝ้าติดตามพฤติกรรมการสึกหรอของเครื่องยนต์จากผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

โดยรถทุกคันก่อนนำมาทดสอบหรือทำการดัดแปลงติดตั้งระบบเชื้อเพลิงร่วม ได้จัดให้มีการปรับแต่งปั๊มหัวฉีดและหัวฉีด ให้มีสภาวะการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดของรุ่นนั้นๆ โดยศูนย์บริการของผู้ผลิตปั๊มหัวฉีดก่อนดำเนินการต่อไป สำหรับการติดตั้งระบบเชื้อเพลิงร่วม ได้ดำเนินการโดยการเพิ่มอุปกรณ์ในการจ่ายก๊าซชนิด Fumigation เข้ากับระบบท่อไอดี สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในรถแต่ละชนิดแสดงไว้ในบทที่ 4

3.1 การทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม

การทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะ ค่าควันดำ สภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ อาทิอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น อุณหภูมิไอเสีย เป็นต้น และผลกระทบต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์จากการใช้งานระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล กับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ โดยการทดสอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1.1 การทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer

การทดสอบสมรรถนะของรถตู้ เป็นการทดสอบรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer แบ่งเป็นการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุด และที่สภาวะภาระบางส่วน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่าควันดำ และสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ อาทิอุณหภูมิไอเสีย อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เป็นต้น

3.1.2 การทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง

การทดสอบรถตู้ที่ความเร็วคงที่บนถนนจริง เป็นการตรวจวัดและเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ระหว่างรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติกับรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล ภายใต้การควบคุมการขับขี่ที่ความเร็วคงที่บนถนนจริง

3.1.3 การทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง

การติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานภายใต้การควบคุมการขับขี่ในเส้นทางและความเร็วที่กำหนด เป็นระยะทางรวม 40000 กิโลเมตร โดยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง สภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ค่าควันดำ และพฤติกรรมการสึกหรอของเครื่องยนต์จากผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

3.2 การติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง

การติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริงของรถกระบะและรถหัวลากเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่าควันดำ และเฝ้าติดตามพฤติกรรมการสึกหรอของเครื่องยนต์จากผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย โดยรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแบ่งตามหัวข้อมีดังนี้

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 รถตู้ที่ใช้ในการทดสอบ

รถตู้ที่ใช้ในการทดสอบ ยี่ห้อ Toyota รุ่น Hiace ขนาดเครื่องยนต์ 2986 ซีซี รุ่น 5L ดังแสดงในรูปที่ 4-1 จำนวน 2 คัน โดยรถตู้คันแรกทะเบียนรถ อว5277 เป็นรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล รถตู้คันที่สองทะเบียนรถ อล9038 เป็นรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ ส่วนรายละเอียดทางเทคนิคได้แสดงในตารางที่ 4-1

(ก) (ข)

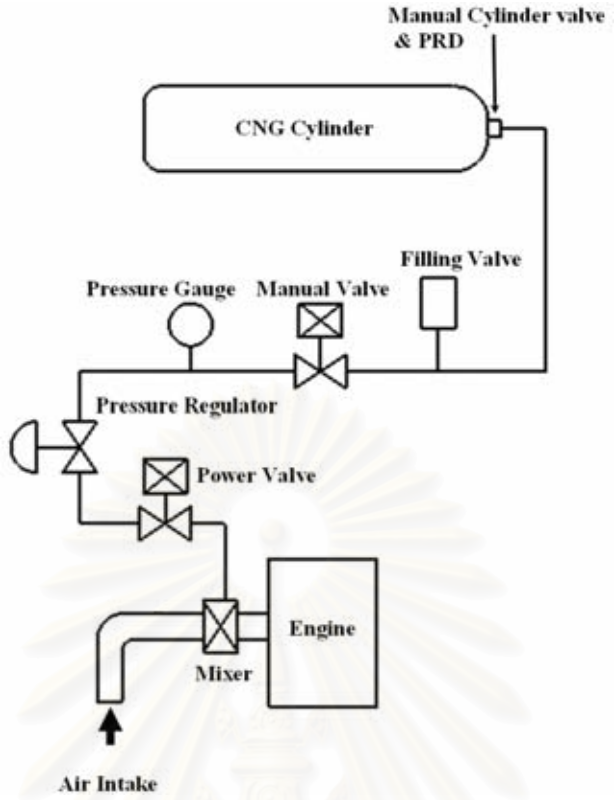
รูปที่ 4-1 (ก) รถตู้ที่ใช้ในการทดสอบ
(ข) เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 4-1 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของรถตู้ที่ใช้ในการทดสอบ

รุ่น	Toyota Hiace 3.0 ลิตร	
เครื่องยนต์	แบบ	(5L) 4 สูบ 8 วาล์ว SOHC
	ชนิด	แบบแถวเรียง 4 จังหวะการทำงาน
	ระบบห้องเผาไหม้	Pre-chamber Indirect Injection
	ระบบประจุไอดี	Natural Aspirated
	ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยน้ำ
	ปริมาตรกระบอกสูบ	2986 ซีซี
	ความกว้างกระบอกสูบxช่วงชัก	99.5x96 มม.
	อัตราส่วนกำลังอัด	22.2 : 1
	แรงม้าสูงสุด(กิโลวัตต์/รอบต่อนาที)	65/4000
	แรงบิดสูงสุด(นิวตันเมตร/รอบต่อนาที)	192/2400
ระบบส่งกำลัง	ระบบเกียร์	เกียร์ธรรมดา
	คลัทช์	แบบแห้งแผ่นเดียวควบคุมด้วยไฮโดรลิค
น้ำหนัก (กก.)		1,595
ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง		ปั๊มฉีดน้ำมันแบบจานจ่าย

4.1.2 อุปกรณ์ในการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลมาใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมกับน้ำมันดีเซล ได้แก่ ถังก๊าซธรรมชาติอัด วาล์วนิรภัย (safety solenoid valve) อุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซ (Pressure regulator) และอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ(Mixer) การทำงานของเครื่องยนต์ใช้ก๊าซธรรมชาติเริ่มจากก๊าซธรรมชาติความดันสูง (ความดันใช้งานสูงสุด 200 bar) จากถังก๊าซไหลเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซ เพื่อลดความดันของก๊าซธรรมชาติให้มีความดันที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ จากนั้นก๊าซธรรมชาติจะไหลเข้าสู่ท่อร่วมไอดีผ่านอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ ก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เมื่อเครื่องยนต์หยุดการทำงานวาล์วนิรภัยซึ่งติดตั้งบริเวณทางออกความดันต่ำของอุปกรณ์ปรับลดความดัน จะทำหน้าที่ปิดการไหลของก๊าซธรรมชาติระหว่างอุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซกับเครื่องยนต์ แผนผังติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งเพิ่มเติมในรถยนต์ทดสอบแสดงในรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 แสดงแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งเพิ่มเติมในรถยนต์ทดสอบ

- **ถังก๊าซธรรมชาติอัด** (CNG Cylinder)

ถังก๊าซที่ใช้บรรจุเป็นถังก๊าซธรรมชาติอัด จำนวน 2 ถัง ดังรูปที่ 4-3 ซึ่งจะต้องผ่านการทดสอบคุณภาพถังจากการอัดด้วยความดัน 300 บาร์ ซึ่งสูงกว่าความดันใช้งาน 1.5 เท่า รายละเอียดต่างๆ ของถังมีดังนี้

ปริมาตรการจุน้ำ	50	ลิตร
ความยาวถัง	970	มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางนอก	260	มิลลิเมตร
ความดันใช้งาน	200	บาร์

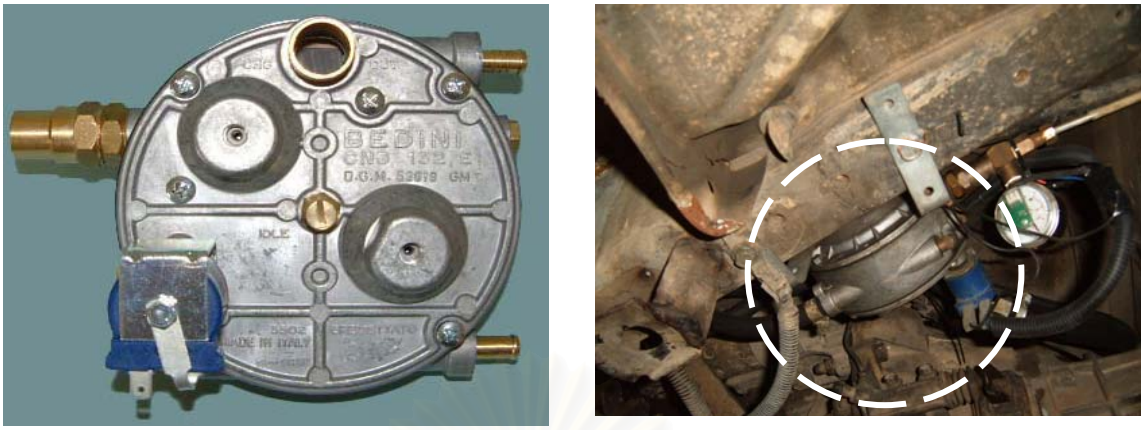
รูปที่ 4-3 แสดงภาพถังก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถตู้

- **อุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซ** (Pressure Regulator)

ทำหน้าที่ปรับลดความดันของก๊าซธรรมชาติให้เหมาะสมก่อนจ่ายให้กับเครื่องยนต์ ในการปรับลดความดันจากสูงไปต่ำ โดยอาศัยความร้อนจากน้ำในระบบหล่อเย็นเครื่องยนต์มาชดเชยความร้อนที่ใช้ในการขยายตัวของก๊าซ และป้องกันไม่ให้ความชื้นที่อยู่ในก๊าซจับตัวเป็นน้ำแข็งจับบนแผ่นไดอะแฟรมในขณะลดความดันของก๊าซผ่านอุปกรณ์ปรับลดความดัน อุปกรณ์ปรับลดความดันที่ใช้ในการทดสอบนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4-4 มีรายละเอียดดังนี้

ยี่ห้อ/รุ่น	Bedini / CNG 132E
ชนิด	Three-stage
ความดันใช้งาน (ความดันส่งสูงสุด)	200 Bar
ขนาดกำลังเครื่องยนต์สูงสุดที่จ่ายก๊าซได้	103 kW (140PS)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) (ข)

รูปที่ 4-4 (ก) อุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซ CNG
(ข) อุปกรณ์ปรับลดความดันที่ติดตั้งในรถตู้

สำหรับอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยประกอบด้วยวาล์วนิรภัยหรือโซลินอยด์วาล์วขนาดแรงดันกระแสตรง 12 V ทำงานร่วมกับสวิตช์กุญแจติดตั้งอยู่ระหว่าง 2nd stage และ 3rd Stage ของอุปกรณ์ปรับลดความดัน ทำหน้าที่ปิด-เปิดการไหลก๊าซธรรมชาติเข้าสู่เครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์ทำงานและมี Pressure relief valve ติดตั้งอยู่ที่ 1st stage ของการปรับความดัน รวมทั้งมี Idle valve ใช้ในการปรับปริมาณการจ่ายก๊าซ ณ สภาวะเดินเบาของเครื่องยนต์

- **อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ** (Mixer)

ทำหน้าที่ผสมก๊าซกับอากาศที่ท่อร่วมไอดีก่อนเข้าสู่เครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 4-5

รูปที่ 4-5 แสดงภาพอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่ติดตั้งในรถตู้

- **สวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ** (Switch)

สวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ ยี่ห้อ AEB รุ่น 722 เป็นอุปกรณ์สำหรับเปิดใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยจะเป็นตัวควบคุมการเปิดและปิดโซลินอยด์วาล์วของก๊าซธรรมชาติ และแสดงปริมาณก๊าซในถังโดยรับสัญญาณจากเกจวัดความดัน แสดงผลเป็นจุด 5 จุดสีเขียว เมื่อปริมาณก๊าซมีน้อยกว่าค่ากำหนดจะแสดงผลเป็นจุดสีแดง ดังแสดงในรูปที่ 4-6

รูปที่ 4-6 แสดงภาพสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถตู้

- **เกจวัดความดัน** (Pressure Gauge)

เกจวัดความดัน ยี่ห้อ AEB รุ่น AEB 806 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันก๊าซธรรมชาติก่อนเข้าอุปกรณ์ปรับลดความดัน(Pressure Regulator) ซึ่งเทียบเท่ากับความดันในถังก๊าซ ดังแสดงในรูปที่ 4-7 โดยเกจวัดความดันที่ใช้จะวัดปริมาณของก๊าซที่เหลือในถังและแสดงผลเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ

รูปที่ 4-7 แสดงภาพเกจวัดความดันที่ติดตั้งในรถตู้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **หัวรับเติมก๊าซธรรมชาติ** (Valve Receptacle)

หัวรับเติมก๊าซธรรมชาติยี่ห้อ EMER เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อเชื่อมกับหัวจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซที่สถานีบริการ โดยมีขนาดตามมาตรฐาน NGV1 ดังแสดงในรูปที่ 4-8

รูปที่ 4-8 แสดงภาพหัวรับเติมก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถตู้

- **บอลวาล์ว** (Ball Valve)

เป็นอุปกรณ์ที่ต่อระหว่างอุปกรณ์ปรับลดความดันกับอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ ใช้ควบคุมปริมาณก๊าซธรรมชาติสูงสุดที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 4-9

รูปที่ 4-9 แสดงภาพบอลวาล์วที่ติดตั้งในรถตู้

- **ท่อก๊าซความดันสูง** (High Pressure Tube)

ท่อก๊าซความดันสูง ยี่ห้อ FARO ชนิด High Pressure Coate steel ทำหน้าที่ลำเลียง ก๊าซจากถังมาเข้าอุปกรณ์ปรับลดความดัน(Pressure regulator) ดังแสดงในรูปที่ 4-10

รูปที่ 4-10 แสดงภาพท่อก๊าซแบบ High Pressure

- **ท่อก๊าซความดันต่ำ**

ท่อก๊าซความดันต่ำ ยี่ห้อ ITR ทำหน้าที่ลำเลียงก๊าซความดันต่ำที่ออกจากอุปกรณ์ปรับลดความดัน (Pressure regulator) ไปยังมิกเซอร์แสดงในรูปที่ 4-11

รูปที่ 4-11 แสดงภาพท่อก๊าซแบบ Low Pressure

- **ท่อน้ำ**

ท่อน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ต่อระหว่าง ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์กับอุปกรณ์ปรับลดความดัน (Pressure regulator) เพื่อนำน้ำร้อนที่ได้จากการหล่อเย็นเครื่องยนต์มาใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับก๊าซขณะก๊าซขยายตัวในอุปกรณ์ปรับลดความดัน ทำให้ขณะก๊าซลดความดันแล้วอุณหภูมิของก๊าซไม่ต่ำไปจนทำให้ความชื้นที่มากับก๊าซธรรมชาติจับตัวเป็นน้ำแข็งอุดตันภายใน หลังจากน้ำร้อนได้ผ่านอุปกรณ์ปรับลดความดันแล้วจะถูกส่งกลับไปยังระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ ท่อน้ำที่ใช้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-12

รูปที่ 4-12 แสดงภาพท่อน้ำ

4.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์

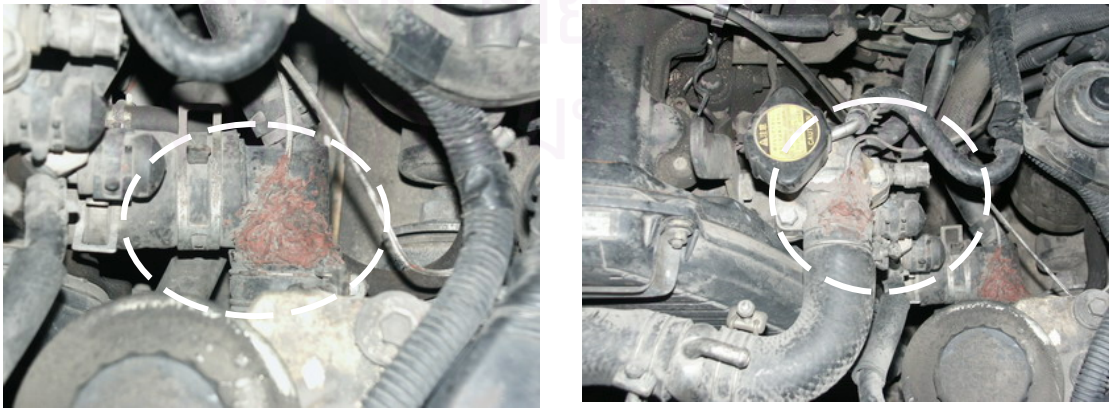
อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ระหว่างการทดสอบ ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล แบบ K (Chromel-Alumel, CA) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.65 มิลลิเมตร ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อ่านค่าอุณหภูมิ DIGICON รุ่น ID-8 ซึ่งจะแสดงผลในระบบ zero blanking มีค่าความแม่นยำที่ 0.5 % ของค่าเต็มสเกล และใช้ชุดเพิ่มตำแหน่งการอ่านค่าอุณหภูมิ DIGICON รุ่น TS-84 ดังแสดงในรูปที่ 4-13 โดยมีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลเพื่อวัดอุณหภูมิตัวแปรการทำงานที่ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

- อุณหภูมิของอากาศ ติดตั้งที่ทางเข้าของท่อร่วมไอดี (รูปที่ 4-14)
- อุณหภูมิของไอเสีย ติดตั้งที่ผิวของท่อไอเสีย (รูปที่ 4-14)
- อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ติดตั้งที่บริเวณท่อทางเข้าและออกของน้ำหล่อเย็นจากเครื่องยนต์ (รูปที่ 4-15)
- อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น ติดตั้งผ่านช่องเสียบก้านวัดระดับน้ำมันหล่อลื่น (รูปที่ 4-16)
- อุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม ติดตั้งที่ช่องดักลมบริเวณกันชนหน้า (รูปที่ 4-16)
- อุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิง วัดในถังน้ำมันเชื้อเพลิงทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-13 แสดงภาพตัวอ่านค่าอุณหภูมิ และชุดเพิ่มตำแหน่งการอ่านค่าอุณหภูมิ

รูปที่ 4-14 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิอากาศเข้าที่ท่อไอดีและไอเสียบริเวณผิวท่อไอเสีย



รูปที่ 4-15 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ ที่ทางน้ำเข้าและน้ำออกจากเครื่องยนต์

รูปที่ 4-16 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นและอุณหภูมิบรรยากาศ
บริเวณช่องรับลมของกันชนหน้า

4.1.4 **อุปกรณ์วัดความดันลมยาง**

อุปกรณ์วัดความดันลมยางยี่ห้อ My and Carr รุ่น MC-68 สามารถวัดความดันได้สูงสุด 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 4-17

รูปที่ 4-17 แสดงอุปกรณ์วัดแรงดันลมยาง

4.1.5 **อุปกรณ์ในการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน** Chassis Dynamometer

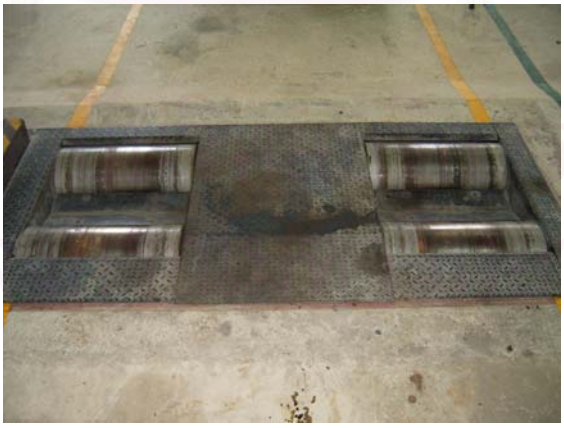
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.5.1 **แท่นทดสอบสมรรถนะรถยนต์** Chassis Dynamometer

Chassis Dynamometer ที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4-18 เป็นแบบ Double Roller,Eddy-Current ยี่ห้อ Hofmann รุ่น 112-DF2 มีขนาดกำลังสูงสุดที่รับได้ 200 kW ความเร็วสูงสุดที่วัดได้มีค่า 200 km/h ดังแสดงในรูปที่ 4-19 ข้อมูลจะถูกควบคุมและแสดงผลด้วยชุดควบคุมและชุดแสดงผลข้อมูล Chassis dynamometer ดังรูปที่ 4-20 และใช้พัดลมในการสร้างลมจำลองให้กับรถยนต์ ดังรูปที่ 4-21

ข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ Chassis Dynamometer ยี่ห้อ HOFMANN รุ่น 112-D II แบบ Double Roller, Eddy-Current Brake ดังแสดงในตารางที่ 4-2

รูปที่ 4-18 แสดงภาพ Chassis Dynamometer ในห้องทดสอบ



รูปที่ 4-19 แสดงภาพ Double-Roll Electric Dynamometer

(ก)

(ข)

รูปที่ 4-20 (ก) ชุดควบคุมและชุดแสดงผลข้อมูล Chassis Dynamometer
(ข) Remote Control สำหรับปรับตั้งค่า Chassis Dynamometer

รูปที่ 4-21 แสดงภาพพัดลมที่ใช้สร้างลมจำลองให้กับรถยนต์ทดสอบ

ตารางที่ 4-2 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของ Chassis Dynamometer

รายละเอียด	
Roller Diameter	318 mm
Roller Weight	1100 kgs
Maximum Driving Speed	200 km/h
Maximum Brakeable Wheel Power	200 kW
Brake Wheel Power Resolution	0.1 kW
Measuring Accuracy	2%

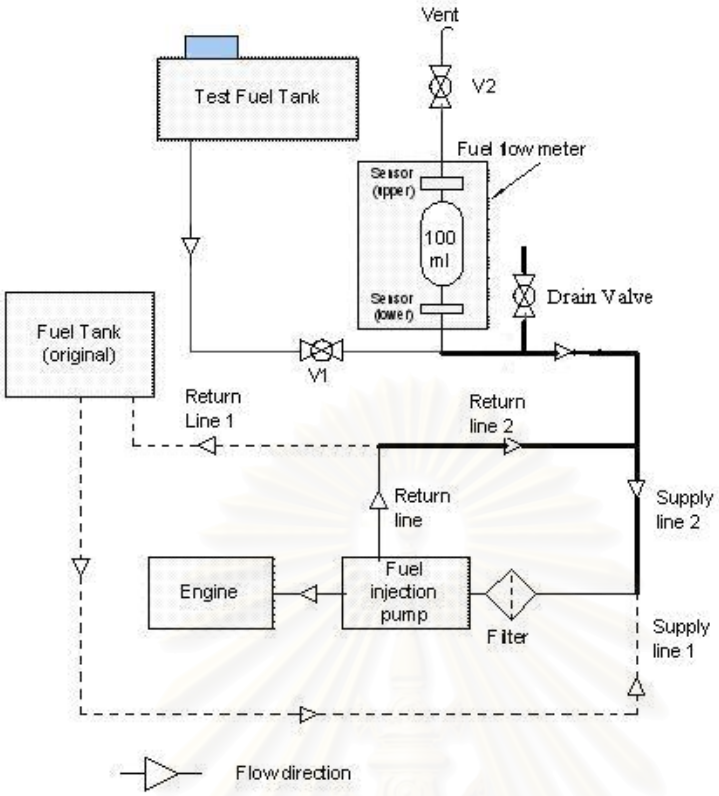
4.1.5.2 **อุปกรณ์วัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง**

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงในรถทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4-22 เป็นอุปกรณ์การวัดแบบ Volumetric gravitation flow meter ประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจจับระดับของเหลวแบบ Optical sensor ยี่ห้อ SUNX รุ่น EX-F1 ซึ่งเป็นแบบที่มีตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) ในตัวมีค่าเวลาในการตอบสนอง (Response time) น้อยกว่า 2 ms ติดตั้งที่หลอดแก้วในตำแหน่งที่เซนเซอร์ตัวบนและตัวล่างห่างกันในระดับที่น้ำมันในหลอดแก้วระหว่างเซนเซอร์ทั้งสองตัวมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร เมื่อน้ำมันเคลื่อนที่ลงมาถึงตำแหน่งเซนเซอร์ตัวบนนาฬิกาจับเวลาจะเริ่มจับเวลาและจะหยุดเมื่อระดับน้ำมันเคลื่อนที่มาถึงระดับเซนเซอร์ตัวล่าง ช่วงเวลาที่ได้นี้นำไปคำนวณหาอัตราการไหลโดยปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงได้จากสมการที่ (5-1)

$$Q = \frac{V}{t} \qquad (5\text{-}1)$$

รูปที่ 4-22 แสดงอุปกรณ์วัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ติดตั้งเพิ่มเติมในรถยนต์ทดสอบ

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์ทดสอบ ทำได้โดยการดัดแปลงและติดตั้งระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแทนระบบปกติ โดยใช้น้ำมันจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงทดสอบ(ที่ติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 4-22) โดยแผนผังของระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มเติมที่ดัดแปลงเข้ากับระบบน้ำมันเชื้อเพลิงปกติดังแสดงในรูปที่ 4-23



รูปที่ 4-23 แสดงแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่ติดตั้งแทนระบบเดิมในรถยนต์ทดสอบ

จากรูปที่ 4-23 แสดงระบบการทำงานของอุปกรณ์จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลในรถยนต์ทดสอบ น้ำมันเชื้อเพลิงในระบบเป็นน้ำมันจากถังทดสอบเพียงอย่างเดียว เนื่องจากได้เปลี่ยนทางเดินน้ำมันจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงปกติ(ตามแนวเส้นประ)มาใช้ทางเดินน้ำมันจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงทดสอบ(ตามแนวเส้นทึบหนา)

การวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงทำได้โดยเติมน้ำมันเต็มหลอดแก้ว 100 ml จากนั้นปิดวาล์ว V1 เมื่อระดับน้ำมันเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ตัวบน นาฬิกาจับเวลาจะเริ่มต้นจับเวลาและจะหยุดเมื่อระดับน้ำมันเคลื่อนที่มาถึงระดับเซนเซอร์ตัวล่าง จากนั้นเปิดวาล์ว V1 เพื่อให้น้ำมันไหลเติมเข้าไปในหลอดแก้วอีกครั้งรอจนกระทั่งน้ำมันเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ตัวบน แล้วจึงปิดวาล์ว V1 เพื่อทำการวัดอัตราการไหลครั้งต่อไป

4.1.5.3 อุปกรณ์วัดควันดำ

การทดสอบสมรรถนะของรถบน Chassis Dynamometer ได้มีการวัดค่าควันดำจากไอเสียโดยใช้เครื่องวัดควันดำ (Diesel smoke meter) ยี่ห้อ DIESELTUNE ประกอบด้วย เครื่องเก็บตัวอย่างควัน (Sampling Head) รุ่น DX.210-1B รูปที่ 4-24 (ก) และเครื่องแสดงผลค่าควันดำ (Diesel Smoke Display) รุ่น DX.210-2A รูปที่ 4-24 (ข)

ไดแกรมการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างควัน (Sampling Head) ดังแสดงในรูปที่ 4-25 เป็นแบบ Opacimeter ยี่ห้อ DIESELTUNE ประกอบด้วย

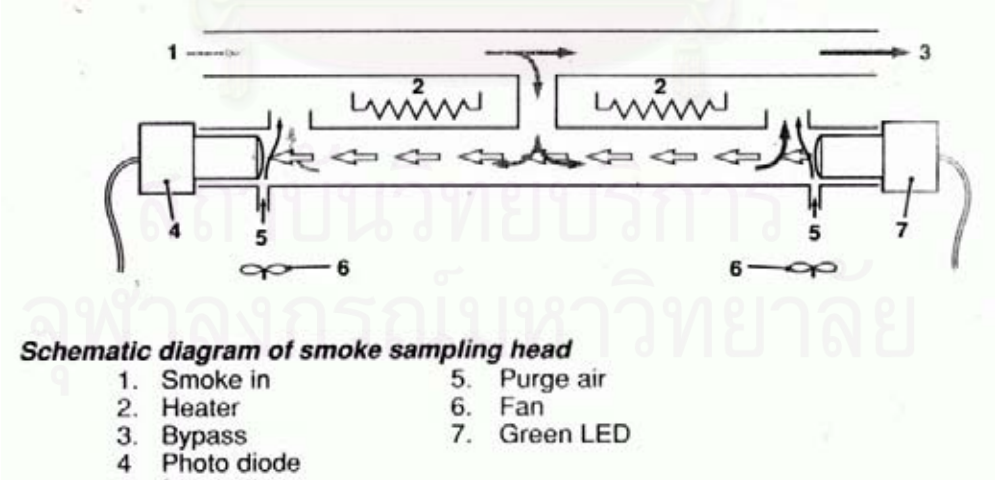
-Green LED ทำหน้าที่ส่งแสงไปยัง PhotoDiode

-PhotoDiode ทำหน้าที่รับแสงจาก Green LED โดยมีระยะห่างจาก Green LED 250มิลลิเมตร และส่งค่าไปยังเครื่องแสดงค่าควันดำเพื่อแสดงผล

-หัวดูดไอเสีย (Exhaust – Sample Pickup) ประกอบด้วยอุปกรณ์ยึด ติดกับท่อไอเสีย และท่อลมสำหรับแก๊สไอเสียผ่านเข้าอุปกรณ์

(ก) (ข)

รูปที่ 4-24 (ก) ชุดเครื่องวัดค่าควันดำประกอบไปด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างควัน รุ่น DX.210-1B
(ข) เครื่องแสดงค่าควันดำรุ่น DX.210-2A



Schematic diagram of smoke sampling head

1. Smoke in
2. Heater
3. Bypass
4 Photo diode
5. Purge air
6. Fan
7. Green LED

รูปที่ 4-25 แสดงไดแกรมการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างควัน

4.1.5.4 อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

การวัดอุณหภูมิบรรยากาศจะวัดทั้งอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง ตามลำดับ ส่วนความดันบรรยากาศวัดโดยใช้บารอมิเตอร์ ดังรูปที่ 4-26

(ก)

(ข)

รูปที่ 4-26 (ก) แสดงภาพบารอมิเตอร์

(ข) แสดงภาพเทอร์โมมิเตอร์

4.1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบที่ความเร็วคงที่ในสภาวะแวดล้อมจริง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.6.1 อุปกรณ์วัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล

เป็นอุปกรณ์เดียวกับหัวข้อที่ 4.1.5 สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์แสดงในหัวข้อที่ 4.1.5.2

4.1.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่ในสภาวะแวดล้อมจริง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.7.1 อุปกรณ์วัดค่าควันดำ

การทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่ในสภาวะแวดล้อมจริงได้มีการวัดค่าควันดำจากไอเสียโดยใช้เครื่องวัดควันดำ (Diesel smoke meter) ยี่ห้อ BOSCH ประกอบด้วย เครื่องเก็บตัวอย่างควัน (Diesel smoke tester) รุ่น ETD 020.00 (รูปที่ 4-27 ซ้าย) และเครื่องอ่านค่าควันดำ (Diesel smoke evaluator) รุ่น ETD 020.50 (รูปที่ 4-27 ขวา)

รูปที่ 4-27 ชุดเครื่องมือวัดค่าควันดำ ประกอบไปด้วยปั๊มดูดไอเสีย รุ่น ETD 020.00 (ซ้าย)
เครื่องอ่านค่าควันดำ รุ่น ETD 020.50 (ขวา)

อุปกรณ์วัดค่าควันดำ เป็นแบบกระดาษกรอง ยี่ห้อ BOSCH ดังแสดงในรูปที่ 4-27 (ซ้าย) ประกอบด้วย ปั๊มดูดไอเสีย รุ่น ETD 020.00 เป็นเครื่องมือเก็บตัวอย่างค่าควันดำจากท่อ ไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล ภายในตัวปั๊มประกอบด้วย

- กระบอกปั๊ม ภายในมีลูกสูบที่มีปลายช่องสำหรับใส่กระดาษกรอง
- สปริงคันชักต่อจากลูกสูบ(ตัวสปริงถูกหุ้มด้วยปลอกยาง)
- ลูกยางบีบ มีท่อต่อลมเข้ากับตัวล็อคสปริง ที่หัวกระบอกปั๊ม
- หัวดูดไอเสีย (Exhaust – Sample Pickup) ประกอบด้วยอุปกรณ์ยึดติดกับท่อไอเสีย และท่อลมสำหรับแก๊สไอเสียผ่านเข้ากระบอกสูบ

ส่วนเครื่องอ่านค่าควันดำ ดังแสดงในรูปที่ 4-27 (ขวา) รุ่น ETD 020.50 เป็นเครื่องอ่านค่าความเข้มข้นของเขม่าดำบนกระดาษกรองแสดงค่าด้วยตัวเลขดิจิตอลเรืองแสง มีสเกลอยู่ระหว่างที่ 0.0– 10.0 เมื่อตัวเลขแสดงค่า 0 มีความหมายว่าผิววัตถุที่ทดสอบนั้นขาวบริสุทธิ์ ถ้าตัวเลขแสดงค่า 10 หมายความว่าผิววัตถุที่ทดสอบนั้นดำสนิท หรือมีความดำ 100% ในหัวอ่านค่าควันดำ ภายในจะประกอบด้วย Photo Element รูปวงแหวนตรงกลางมีหลอดไฟ และมีสายสัญญาณส่งเข้าเครื่องอ่านค่า หลักการทำงานคือเมื่อกดสวิทช์อ่านค่า หลอดไฟจะติด แสงที่พุ่งออกไปเมื่อกระทบกับผิววัตถุ (กระดาษกรอง) จะมีการสะท้อนกลับ Photo Element จะรับแสงสะท้อนนั้นแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านตามสายไฟฟ้าไปยังตัวอ่านค่าควันดำและแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลขเรืองแสง ในกรณีที่กระดาษกรองขาวบริสุทธิ์ แสงจะสะท้อนกลับมาหมด Photo Element จะส่งสัญญาณเป็นกระแสไฟเต็มที่ ตัวเลขจะแสดงค่า 0 ถ้ากระดาษกรองดำสนิทจะดูดกลืนแสงไว้ทั้งหมด ไม่มีการสะท้อนกลับ จึงไม่มีสัญญาณไฟส่งไปยังเครื่องวัด ตัวเลขจะแสดงค่า 10

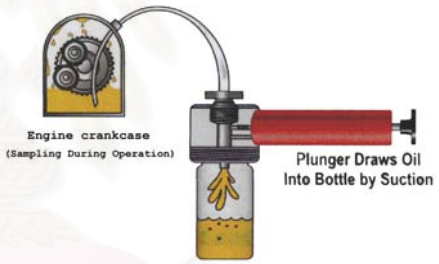
4.1.7.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นเป็นอุปกรณ์พิเศษที่สามารถดูดน้ำมันหล่อลื่นจากอ่างน้ำมันเครื่องผ่านทางรูเหล็กวัดระดับน้ำมันหล่อลื่นประกอบด้วย 1. กระบอกปั๊ม 2. ขวดขนาด 100 มิลลิลิตร สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำมัน 3. ท่อสำหรับสุ่มน้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในรูปที่ 4-28

(ก)ท่อสำหรับสุ่มน้ำมันหล่อลื่น

(ข)ขวดสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

(ค)กระบอกปั๊ม ภายในมีลูกสูบสำหรับสุ่มน้ำมันหล่อลื่น



(ง)ตัวอย่างการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

รูปที่ 4-28 แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง

4.2.1 รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบแบ่งเป็นรถกระบะจำนวน 1 คัน และรถหัวลาก จำนวน 6 คัน โดยรถหัวลากแบ่งออกเป็น 2 รุ่น ยี่ห้อ Hino รุ่น ZM500 จำนวน 1 คัน และยี่ห้อ Hino รุ่น FM2PKPA จำนวน 5 คัน รายละเอียดของรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้ระบบเชื้อเพลิงร่วมมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1.1 รถกระบะที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วม

รถกระบะที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(ก) รถกระบะที่ใช้ในการทดสอบ

รถกระบะที่ใช้ในการทดสอบ ยี่ห้อ Nissan รุ่น Big M ขนาดเครื่องยนต์ 2663 ซีซี รุ่น TD27 ดังแสดงในรูปที่ 4-29 ส่วนรายละเอียดทางเทคนิคได้แสดงในตารางที่ 4-3

(ก)รถกระบะทะเบียน ลน4335

(ข) เครื่องยนต์ TD27

รูปที่ 4-29 แสดงภาพรถกระบะและเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 4-3 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ยี่ห้อ/รุ่น	Nissan BigM 2.7 ลิตร	
เครื่องยนต์	แบบ	(TD27) 4 สูบ 8 วาล์ว SOHC
	ชนิด	แบบแถวเรียง 4 จังหวะการทำงาน
	ระบบห้องเผาไหม้	Pre-chamber Indirect Injection
	ระบบประจุไอดี	Natural Aspirated
	ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยน้ำ
	ปริมาตรกระบอกสูบ	2663 ซีซี
	ความกว้างกระบอกสูบxช่วงชัก	89x100 มม.
	อัตราส่วนกำลังอัด	22.2 : 1
	แรงม้าสูงสุด(กิโลวัตต์/รอบต่อนาที)	66/4300
	แรงบิดสูงสุด(นิวตันเมตร/รอบต่อนาที)	180/2200
ระบบส่งกำลัง	ระบบเกียร์	เกียร์ธรรมดา
	คลัทช์	แบบแห้งแผ่นเดียวควบคุมด้วยไฮโดรลิค
ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง		ปั๊มฉีดน้ำมันแบบจานจ่าย

(ข) อุปกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปลงเครื่องยนต์ในรถกระบะเพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

- **ถังก๊าซธรรมชาติอัด** (CNG Cylinder)

ถังก๊าซที่ใช้บรรจุเป็นถังก๊าซธรรมชาติอัดยี่ห้อ NK ผลิตตามมาตรฐาน ISO 11439 และมาตรฐาน NGV-I ดังแสดงในรูปที่ 4-30 โดยได้ทดสอบคุณภาพถังจากการอัดด้วยความดัน 300 bar ซึ่งสูงกว่าความดันใช้งาน 1.5 เท่า ถังมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาตรการจุน้ำ	70	ลิตร
ความยาวถัง	975	มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางนอก	355.6	มิลลิเมตร
ความดันใช้งาน	200	บาร์
วัสดุทำถัง	CM Steel	
มาตรฐานการผลิต	ISO 11439	

รูปที่ 4-30 แสดงภาพถังก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถกระบะ

- **อุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซ** (Pressure regulator)

อุปกรณ์ปรับลดความดันที่ใช้ในการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4-31 มีรายละเอียดดังนี้

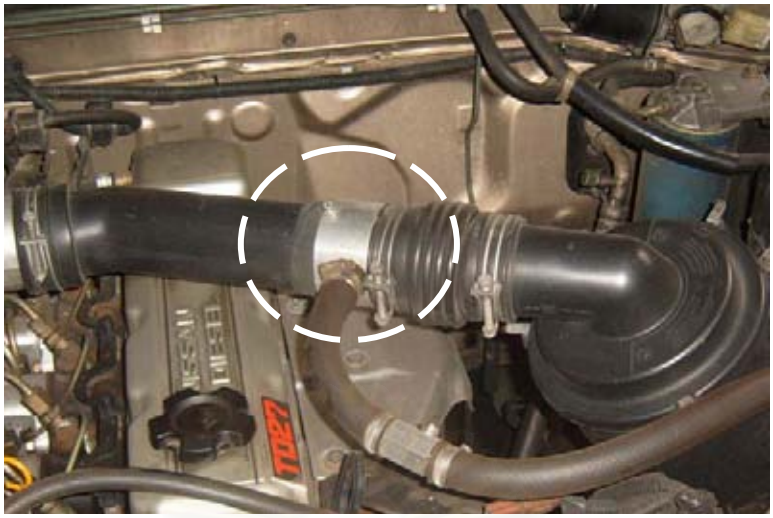
ยี่ห้อ/รุ่น	Zavoli / MES
ชนิด	Two-stage
ความดันใช้งาน (ความดันส่งสูงสุด)	200 Bar
ขนาดกำลังเครื่องยนต์สูงสุดที่จ่ายก๊าซได้	97 kW (130PS)

รูปที่ 4-31 แสดงภาพอุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถกระบะ

สำหรับอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยประกอบด้วยวาล์วนิรภัยหรือโซลินอยด์วาล์วขนาดแรงดันกระแสตรง 12 โวลต์ ทำงานร่วมกับสวิตช์กุญแจติดตั้งอยู่ระหว่าง 1st Stage และ 2nd Stage ของ Regulator ทำหน้าที่ปิด-เปิดการไหลก๊าซธรรมชาติเข้าสู่เครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์ทำงานและมี Pressure relief valve ติดตั้งอยู่ที่ 1st stage ของการปรับความดัน รวมทั้งมี Idle valve ใช้ในการปรับปริมาณการจ่ายก๊าซ ณ สภาวะเดินเบาของเครื่องยนต์

- **อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ** (Mixer)

ทำหน้าที่ผสมก๊าซกับอากาศที่ท่อร่วมไอดีก่อนเข้าสู่เครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 4-32



รูปที่ 4-32 แสดงภาพอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่ติดตั้งในรถกระบะ

- **สวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ** (Switch)

สวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ ยี่ห้อ AEB รุ่น 722 เป็นอุปกรณ์สำหรับเปิดใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยจะเป็นตัวควบคุมการเปิดและปิดของโซลินอยด์ก๊าซธรรมชาติ และแสดงปริมาณก๊าซในถังโดยรับสัญญาณจากเกจวัดความดัน แสดงผลเป็นจุด 5 จุดสีเขียว เมื่อปริมาณก๊าซมีน้อยกว่าค่ากำหนดจะแสดงผลเป็นจุดสีแดง ดังแสดงในรูปที่ 4-33

รูปที่ 4-33 แสดงภาพสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถกระบะ

- **หัวรับเติมก๊าซธรรมชาติ** (Valve Receptacle)

หัวรับเติมก๊าซธรรมชาติยี่ห้อ OMB เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อเชื่อมกับหัวจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซที่ปั๊ม โดยมีขนาดตามมาตรฐาน NGV1 ดังแสดงในรูปที่ 4-34

รูปที่ 4-34 แสดงภาพหัวรับเติมก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถกระบะ

อุปกรณ์บอลวาล์ว ท่อก๊าซแรงดันสูง ท่อก๊าซแรงดันต่ำ ท่อน้ำ เป็นอุปกรณ์เดียวกับที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1.2

4.2.1.2 รถหัวลากยี่ห้อ HINO รุ่น ZM 500 ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วม

รถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วมมีรายละเอียดดังนี้

(ก) รถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่ใช้ในการทดสอบ

รถหัวลาก 10 ล้อ ยี่ห้อ Hino รุ่น ZM 500 หมายเลขทะเบียน 70-0910 ดังแสดงในรูปที่ 4-35 ขนาดเครื่องยนต์ 8821 ซีซี รุ่น EP100T ดังแสดงในรูปที่ 4-36 จำนวน 1 คัน รายละเอียดทางเทคนิคได้แสดงในตารางที่ 4-4

รูปที่ 4-35 แสดงภาพรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่ใช้ในการทดสอบ

รูปที่ 4-36 แสดงภาพเครื่องยนต์ EP100T ที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 4-4 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่ใช้ในการทดสอบ

ยี่ห้อ/รุ่น	HINO/ZM500	
เครื่องยนต์	แบบ	(EP100T) 6 สูบ
	ชนิด	แบบแถวเรียง 4 จังหวะการทำงาน
	ระบบห้องเผาไหม้	Direct Injection
	ระบบประจุไอดี	Turbo Intercooler
	ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยน้ำ
	ปริมาตรกระบอกสูบ	8821 ซีซี
	ความกว้างกระบอกสูบxช่วงชัก	120x130 มม.
	อัตราส่วนกำลังอัด	17 : 1
	แรงม้าสูงสุด(กิโลวัตต์/รอบต่อนาที)	149/2200
	แรงบิดสูงสุด(นิวตันเมตร/รอบต่อนาที)	711/1600
ระบบส่งกำลัง	ระบบเกียร์	6 เกียร์เดินหน้า
	คลัทช์	แบบแห้งแผ่นเดียวควบคุมด้วยไฮโดรลิค มีลมดันช่วย
ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง		ปั๊มฉีดน้ำมันแบบสูบเรียง

(ข) อุปกรณ์ในการดัดแปลงเครื่องยนต์ในรถหัวลากยี่ห้อ Hino รุ่น ZM500 เพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

- **ถังก๊าซธรรมชาติอัด** (CNG Cylinder)

ถังก๊าซที่ใช้บรรจุเป็นถังก๊าซธรรมชาติอัดยี่ห้อ NK จำนวน 4 ถัง ผลิตตามมาตรฐาน ISO 11439 Type 1 ดังรูปที่ 4-37 โดยได้ทดสอบคุณภาพถังจากการอัดด้วยความดัน 300 bar ซึ่งสูงกว่าความดันใช้งาน 1.5 เท่า ถังมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาตรการจุน้ำ	140	ลิตร
ความยาวถัง	1710	มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางนอก	353.5	มิลลิเมตร
ความดันใช้งาน	200	บาร์
วัสดุทำถัง	CM Steel	
มาตรฐานการผลิต	ISO 11439	

รูปที่ 4-37 แสดงภาพถังก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

- **อุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซ** (Pressure regulator)

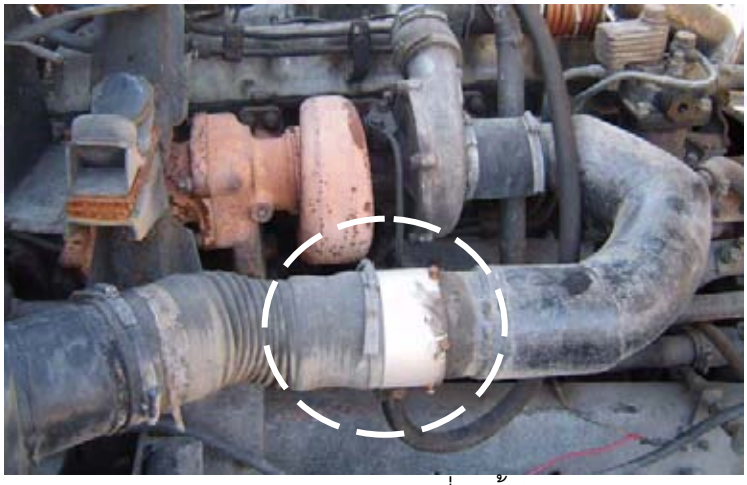
อุปกรณ์ปรับลดความดันที่ใช้ในการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4-38 มีรายละเอียดดังนี้

ยี่ห้อ/รุ่น	Tartarini / RPM-E97
ชนิด	Two-stage
ความดันใช้งาน (ความดันส่งสูงสุด)	200 Bar
ขนาดกำลังเครื่องยนต์สูงสุดที่จ่ายก๊าซได้	95 kW

รูปที่ 4-38 แสดงภาพอุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

- **อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ** (Mixer)

ทำหน้าที่ผสมก๊าซกับอากาศที่ท่อร่วมไอดีก่อนเข้าสู่เครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 4-39



รูปที่ 4-39 แสดงภาพอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

- **สวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ** (Switch)

เป็นอุปกรณ์สำหรับเปิดใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยจะเป็นตัวควบคุมการเปิดและปิดของโซลินอยด์ก๊าซธรรมชาติ และอุปกรณ์แสดงปริมาณก๊าซในถังยี่ห้อ AEB รุ่น 725 โดยรับสัญญาณจากเกจวัดความดัน แสดงผลเป็นจุด 5 จุดสีเขียว เมื่อปริมาณก๊าซมีน้อยกว่าค่ากำหนดจะแสดงผลเป็นจุดสีแดง ดังแสดงในรูปที่ 4-40

รูปที่ 4-40 แสดงภาพสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

- **เกจวัดความดัน** (Pressure Gauge)

เกจวัดความดัน ยี่ห้อ AEB รุ่น AEB 806 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันก๊าซธรรมชาติก่อนเข้าอุปกรณ์ปรับลดความดัน ซึ่งเทียบเท่ากับความดันที่ได้จากถังก๊าซ ดังแสดงในรูปที่ 4-41 โดยเกจวัดความดันที่ใช้สามารถวัดปริมาณของก๊าซที่เหลือในถังและแสดงผลเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ

รูปที่ 4-41 แสดงภาพเกจวัดความดันที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

- **หัวรับเติมก๊าซธรรมชาติ** (Valve Receptacle)

หัวรับเติมก๊าซธรรมชาติยี่ห้อ EMER เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อเชื่อมกับหัวจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซที่ปั๊ม โดยมีขนาดตามมาตรฐาน NGV1 ดังแสดงในรูปที่ 4-42

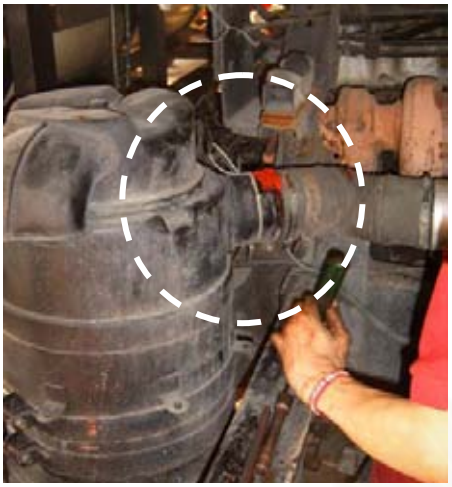
รูปที่ 4-42 แสดงภาพหัวรับเติมก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

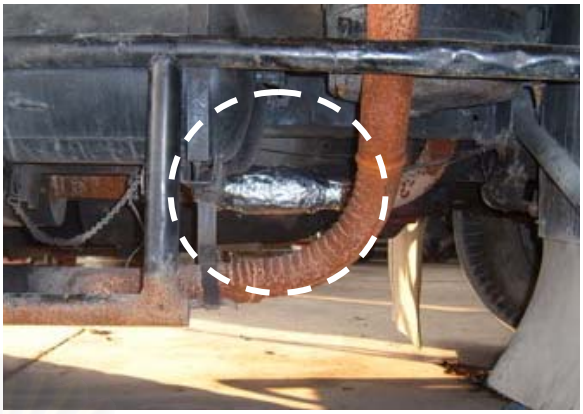
อุปกรณ์บอลวาล์ว ท่อก๊าซแรงดันสูง ท่อก๊าซแรงดันต่ำ ท่อน้ำ เป็นอุปกรณ์เดียวกับที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1.2

(ค) อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์

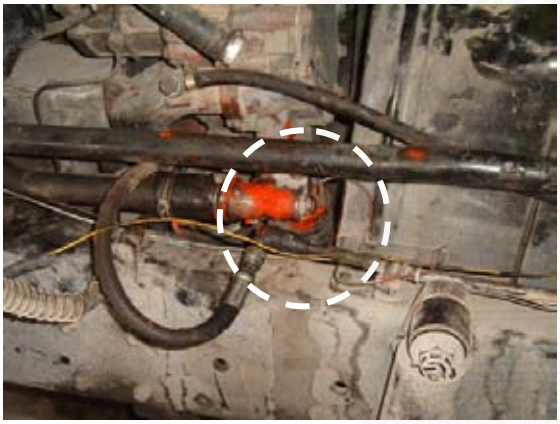
อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ระหว่างการทดสอบ ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล แบบ K (Chromel-Alumel, CA) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.65 มิลลิเมตร ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อ่านค่าอุณหภูมิ DIGICON รุ่น ID-8 และใช้ชุดเพิ่มตำแหน่งการอ่านค่าอุณหภูมิ DIGICON รุ่น TS-84 ที่ใช้ในหัวข้อที่ 4.1.3 ดังแสดงในรูปที่ 4-13 โดยมีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลเพื่อวัดอุณหภูมิตัวแปรการทำงานที่ตำแหน่งต่างๆดังนี้

- อุณหภูมิของอากาศ ติดตั้งที่ทางเข้าของท่อร่วมไอดี (รูปที่ 4-43)
- อุณหภูมิของไอเสีย ติดตั้งที่ผิวของท่อไอเสีย (รูปที่ 4-43)
- อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ติดตั้งที่ท่อทางเข้าและออกของน้ำหล่อเย็นจากเครื่องยนต์ (รูปที่ 4-44)
- อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น ติดตั้งผ่านช่องเสียบก้านวัดระดับน้ำมันหล่อลื่น (รูปที่ 4-45)
- อุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม ติดตั้งที่ช่องดักลมบริเวณกันชนหน้า (รูปที่ 4-45)





รูปที่ 4-43 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิอากาศเข้าที่ท่อไอดีและไอเสียบริเวณผิวท่อไอเสีย



รูปที่ 4-44 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ ที่ทางน้ำเข้าและน้ำออกจากเครื่องยนต์

รูปที่ 4-45 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นและอุณหภูมิบรรยากาศบริเวณช่องรับลมด้านหน้ารถ

4.2.1.3 รถหัวลากยี่ห้อ HINO รุ่น FM2PKPA ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วม

รถหัวลากยี่ห้อ Hino รุ่น FM2PKPA ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ระบบเชื้อเพลิงร่วมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(ก) รถหัวลากยี่ห้อ HINO รุ่น FM2PKPA ที่ใช้ในการทดสอบ

รถบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบ เป็นรถหัวลาก 10 ล้อ จำนวน 6 คัน ยี่ห้อ Hino รุ่น FM2PKPA ขนาดเครื่องยนต์ 10520 ซีซี รุ่น P11C-UB ดังแสดงในรูป 4-46 จำนวน 5 คัน ส่วนรายละเอียดทางเทคนิคได้แสดงในตารางที่ 4-5

(ก) รถหัวลากทะเบียน 70-3427

(ข) รถหัวลากทะเบียน 70-3435

(ค) รถหัวลากทะเบียน 70-3440

(ง) รถหัวลากทะเบียน 70-3441

รูปที่ 4-46 แสดงภาพรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA และเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

(จ) รถหัวลากทะเบียน 70-3445

(ฉ) เครื่องยนต์ P11C-UB

รูปที่ 4-46 (ต่อ)แสดงภาพรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA และเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 4-5 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA ที่ใช้ในการทดสอบ

รุ่น	HINO FM2PKPA	
เครื่องยนต์	แบบ	(P11C-UB) 6 สูบ 24 วาล์ว
	ชนิด	แบบแถวเรียง 4 จังหวะการทำงาน
	ระบบห้องเผาไหม้	Direct Injection
	ระบบประจุไอดี	Turbo Intercooler
	ระบบระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยน้ำ
	ปริมาตรกระบอกสูบ	10520 ซีซี
	ความกว้างกระบอกสูบxช่วงชัก	122x150 มม.
	อัตราส่วนกำลังอัด	16 : 1
	แรงม้าสูงสุด(กิโลวัตต์/รอบต่อนาที)	235/2150
	แรงบิดสูงสุด(นิวตันเมตร/รอบต่อนาที)	1127/1500
ระบบส่งกำลัง	ระบบเกียร์	9 เกียร์เดินหน้า
	คลัทช์	แบบแห้งแผ่นเดียวควบคุมด้วยไฮโดรลิค มีลมดันช่วย
ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง		ปั๊มฉีดน้ำมันแบบสูบเรียง

(ข) อุปกรณ์ในการดัดแปลงเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA เพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

- **ถังก๊าซธรรมชาติอัด** (CNG Cylinder)

ถังก๊าซที่ใช้บรรจุเป็นถังก๊าซธรรมชาติอัดยี่ห้อ NK จำนวน 4 ถัง ผลิตตามมาตรฐาน ISO 11439 Type 1 ดังรูปที่ 4-47 โดยได้ทดสอบคุณภาพถังจากการอัดด้วยความดัน 300 bar ซึ่งสูงกว่าความดันใช้งาน 1.5 เท่า ถังมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาตรการจุน้ำ	145	ลิตร
ความยาวถัง	1760	มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางนอก	355.6	มิลลิเมตร
ความดันใช้งาน	200	บาร์
วัสดุทำถัง	CM Steel	
มาตรฐานการผลิต	ISO 11439	

รูปที่ 4-47 แสดงภาพถังก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

- **โซลินอยด์วาล์ว** (Solenoid Valve)

โซลินอยด์วาล์วยี่ห้อ OMB รุ่น APUS ขนาดแรงดัน 12 V_{DC} มาตรฐาน ISO 15500 ทำงานร่วมกับสวิตช์กุญแจติดตั้งอยู่ระหว่าง ถังก๊าซธรรมชาติกับอุปกรณ์ปรับลดความดัน ทำหน้าที่ปิด-เปิดการไหลก๊าซธรรมชาติที่เข้าสู่เข้าสู่อุปกรณ์ปรับลดความดันดังแสดงในรูปที่ 4-48

รูปที่ 4-48 แสดงภาพโซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

- **รีเลย์** (Relay)

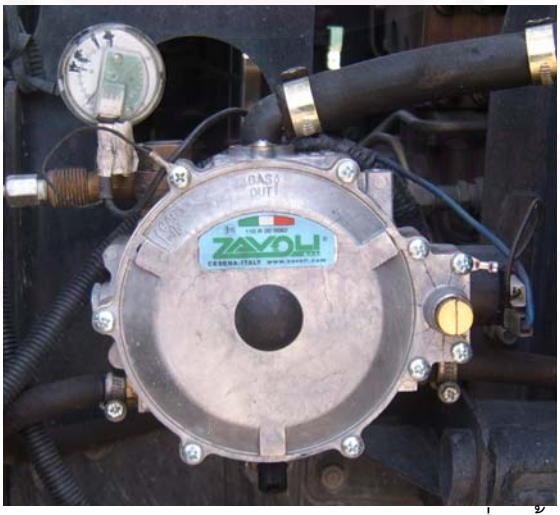
เนื่องจากระบบไฟฟ้าในระบบก๊าซธรรมชาติเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ และระบบไฟฟ้าในรถบรรทุกขนาดใหญ่เป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จากการใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ จำนวน 2 ลูก ที่ต่ออนุกรมกัน จึงต้องใช้ Relay รับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จากสวิตช์กุญแจ เพื่อไปควบคุมการตัด-ต่อการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จากแบตเตอรี่ 1 ลูกที่นำไปใช้ในระบบไฟฟ้าของระบบก๊าซธรรมชาติ ดังแสดงในรูปที่ 4-49

รูปที่ 4-49 แสดงภาพรีเลย์ที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

- **อุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซ** (Pressure regulator)

อุปกรณ์ปรับลดความดันที่ใช้ในการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4-50 มีรายละเอียดดังนี้

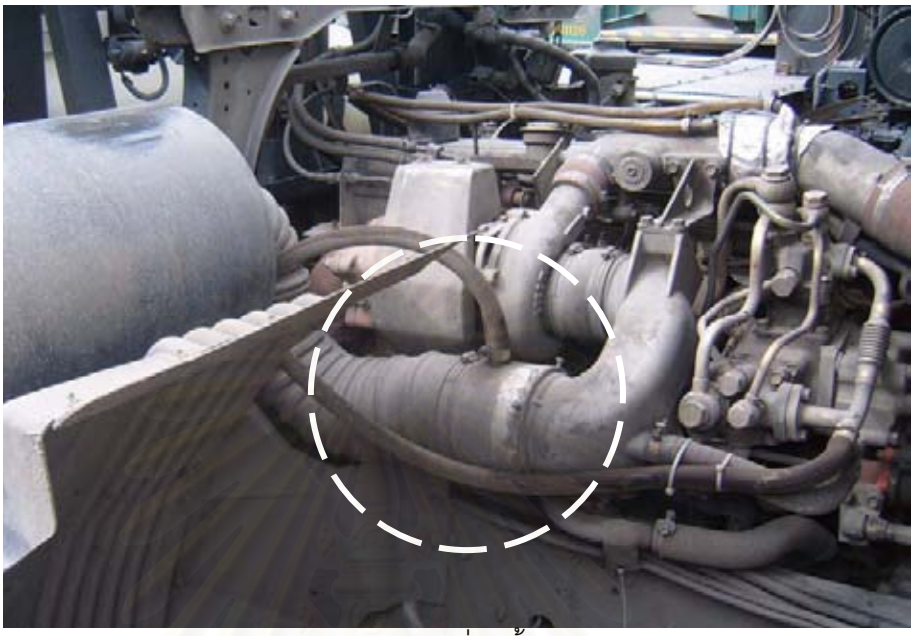
ยี่ห้อ/รุ่น	Zavoli / MES
ชนิด	Two-stage
ความดันใช้งาน (ความดันส่งสูงสุด)	200 Bar
ขนาดกำลังเครื่องยนต์สูงสุดที่จ่ายก๊าซได้	97 kW (130PS)



รูปที่ 4-50 แสดงภาพอุปกรณ์ปรับลดความดันก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

- **อุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศ** (Mixer)

ทำหน้าที่ผสมก๊าซกับอากาศที่ท่อร่วมไอดีก่อนเข้าสู่เครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 4-51



รูปที่ 4-51 แสดงภาพอุปกรณ์ผสมก๊าซกับอากาศที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

- **สวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ** (Switch)

เป็นอุปกรณ์สำหรับเปิดใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยจะเป็นตัวควบคุมการเปิดและปิดของโซลินอยด์ก๊าซธรรมชาติ และแสดงปริมาณก๊าซในถังยี่ห้อ AEB รุ่น 722 โดยรับสัญญาณจากเกจวัดความดันแสดงผลเป็นจุด 5 จุดสีเขียว และเมื่อปริมาณก๊าซมีน้อยกว่าค่ากำหนดจะแสดงผลเป็นจุดสีแดงดังแสดงในรูปที่ 4-52

รูปที่ 4-52 แสดงภาพสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

- **เกจวัดความดัน** (Pressure Gauge)

เกจวัดความดัน ยี่ห้อ AEB รุ่น AEB 806 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันก๊าซธรรมชาติก่อนเข้าอุปกรณ์ปรับลดความดัน ซึ่งเทียบเท่ากับความดันที่ได้จากถังก๊าซ ดังแสดงในรูปที่ 4-53 โดยเกจวัดความดันที่ใช้สามารถวัดปริมาณของก๊าซที่เหลือในถังและแสดงผลเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังสวิตซ์ควบคุมการใช้ก๊าซ

รูปที่ 4-53 แสดงภาพเกจวัดความดันที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

- **หัวรับเติมก๊าซธรรมชาติ** (Valve Receptacle)

หัวรับเติมก๊าซธรรมชาติยี่ห้อ EMER เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อเชื่อมกับหัวจ่ายเชื้อเพลิงก๊าซที่ปั๊ม โดยมีขนาดตามมาตรฐาน NGV1 ดังแสดงในรูปที่ 4-54

รูปที่ 4-54 แสดงภาพหัวรับเติมก๊าซธรรมชาติที่ติดตั้งในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

อุปกรณ์บอลวาล์ว ท่อก๊าซแรงดันสูง ท่อก๊าซแรงดันต่ำ ท่อน้ำ เป็นอุปกรณ์เดียวกับหัวข้อ 4.1.2

4.2.2 อุปกรณ์วัดค่าควันดำ

เป็นอุปกรณ์เดียวกับที่ใช้ในหัวข้อที่ 4.1.7 สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์แสดงในหัวข้อที่ 4.1.7.1

4.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น

เป็นอุปกรณ์เดียวกับที่ใช้ในหัวข้อที่ 4.1.7 สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์แสดงในหัวข้อที่ 4.1.7.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิธีการทดสอบ

การศึกษาผลจากการใช้ก๊าซธรรมชาติกับระบบเชื้อเพลิงร่วมในเครื่องยนต์ดีเซล ได้แบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือ การทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม และการติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง

5.1 วิธีการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม

การทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลได้แบ่งการทดสอบนี้ออกเป็น การทดสอบสมรรถนะบน Chassis Dynamometer การทดสอบบนถนนจริง และการทดสอบความทนทานภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง

5.1.1 วิธีการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer

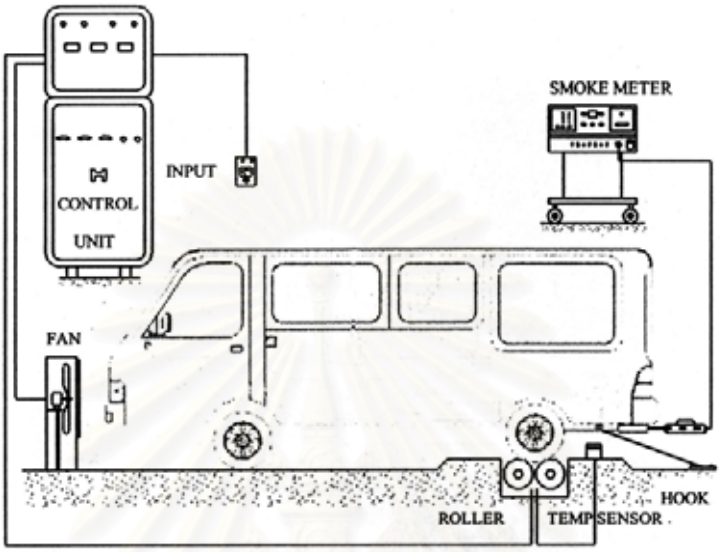
การทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer จะดำเนินการทดสอบทีละคันโดยแต่ละคันจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่สภาวะภาระสูงสุด และส่วนที่สองเป็นการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่สภาวะภาระบางส่วน โดยทั้งสองส่วนนี้ทำการทดสอบที่สภาวะคงตัว(อุณหภูมิเครื่องยนต์คงที่), อัตราทดเกียร์ 1:1 หรือตำแหน่งเกียร์ 4 ของรถตู้ทดสอบ วิ่งบนลูกกลิ้งด้วยความเร็ว 60, 70, 80, 90 และ 100 กม./ชม.

ก่อนทำการทดสอบตรวจสอบสภาพความพร้อมของเครื่องยนต์ อาทิ ระดับน้ำมันหล่อลื่นจากก้านวัดระดับ, น้ำหล่อเย็นจากสเกลบอกระดับที่ถังพักน้ำหล่อเย็นว่าอยู่ในระดับเต็ม สังเกตการรั่วซึมที่ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ความตึงสายพานที่ 30 กิโลกรัม/เซนติเมตร ตรวจวัดความดันของลมยางเริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับ 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในล้อคู่หน้าและ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในล้อคู่หลัง โดยใช้เกจวัดความดันลมยางตัวเดียวกันตลอดการทดสอบ

ตรวจสอบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่องยนต์ และอุปกรณ์วัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลที่ติดตั้งภายในรถตู้ทดสอบ

เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เริ่มจากขับรถตู้ทดสอบขึ้นบนอุปกรณ์ Chassis Dynamometer โดยให้ล้อขับเคลื่อนอยู่บนลูกกลิ้งทดสอบ, ใช้สายรั้ง รั้งรถตู้ทดสอบกับจุดยึดที่พื้นเพื่อป้องกันรถตู้ทดสอบเคลื่อนตัวไปข้างหน้าขณะทำการทดสอบ จัดตำแหน่งพัดลมให้กับรถตู้ทดสอบ

บริเวณด้านหน้าของรถเพื่อระบายความร้อนให้กับเครื่องยนต์, อุปกรณ์วัดควันดำไว้บริเวณท่อไอเสียท้ายรถ, และอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ Dynamometer ดังแสดงในรูปที่ 5-1 ในกรณีที่มีการตรวจวัดอุณหภูมิ Dynamometer ได้สูงเกิน 80 °C ในระหว่างการทดสอบ ต้องหยุดการทดสอบทันทีเพื่อป้องกัน Dynamometer เสียหาย



รูปที่ 5-1 แสดงแผนผังตำแหน่งรถตู้ทดสอบบนอุปกรณ์ Chassis Dynamometer และตำแหน่งเครื่องวัดควันดำ

5.1.1.1 วิธีการทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะภาระสูงสุด

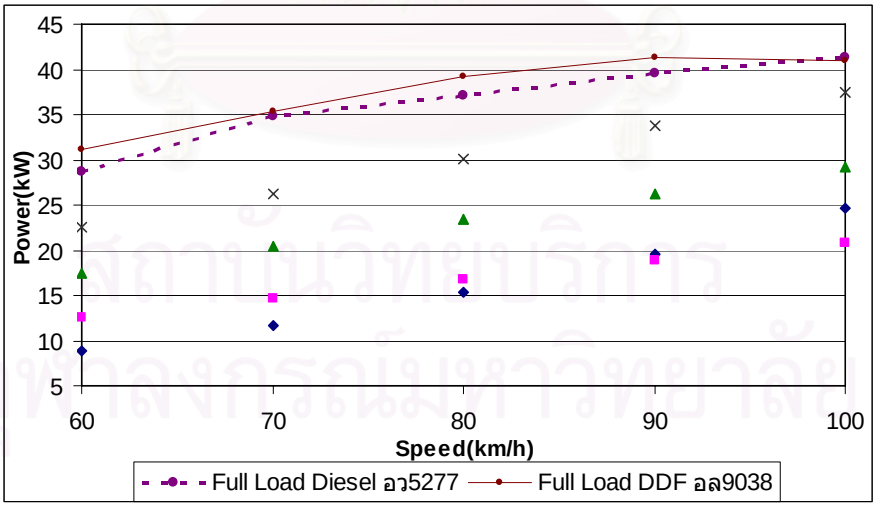
ในการทดสอบที่สภาวะภาระสูงสุดจะเรียงลำดับการทดสอบโดยเริ่มจากจุดทดสอบความเร็วต่ำไปความเร็วที่สูงขึ้น ก่อนการทดสอบรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลทำการอุ่นเครื่องยนต์ด้วยการเดินเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบาเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเปิดระบบปรับอากาศโดยกำหนดตำแหน่งสวิทช์ควบคุมอุณหภูมิในห้องโดยสารให้เป็นตำแหน่งสูงสุดเพื่อควบคุมภาระของเครื่องยนต์จากระบบปรับอากาศให้มีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ เปิดพัดลมเพื่อสร้างลมจำลองให้กับรถตู้ทดสอบ ป้อนค่าความเร็วที่ต้องการทดสอบให้กับ Chassis Dynamometer จากนั้นเริ่มทำการทดสอบ ทำการเพิ่มความเร็วโดยเริ่มจากอัตราทดเกียร์ 1 และเพิ่มจนกระทั่งถึงอัตราทดเกียร์ที่ต้องการทดสอบคือตำแหน่งเกียร์ 4 จากนั้นเพิ่มคันเร่งจนถึงตำแหน่งสูงสุด ไดนาโมมิเตอร์จะทำหน้าที่สร้างภาระให้กับล้อรถยนต์เพื่อควบคุมให้ล้อมีความเร็วเท่ากับค่าความเร็วที่กำหนดไว้ โดยภาระที่ไดนาโมมิเตอร์สร้างขึ้นนี้เป็นค่ากำลังเบรกสูงสุดที่สามารถส่งผ่านจากล้อสู่ลูกกลิ้ง รอจนกระทั่งเครื่องยนต์อยู่ในสภาวะคงตัว แล้วจึงบันทึกค่ากำลังเบรก อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่องยนต์ และค่าควันดำ หลังจากได้บันทึกค่าแล้ว ลดคันเร่ง ปลดเกียร์ว่าง และรอจนกระทั่งล้อและ Roller หยุดหมุน

ห้ามเหยียบเบรกเพื่อให้ล้อหยุดหมุนโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันอันตรายอันเกิดจากแรงเฉื่อยของ Roller ที่ยังกระทำอยู่กับล้อของรถตู้ เดินเบาเครื่องยนต์เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นให้มีค่าประมาณ 90 °C ก่อนที่จะดับเครื่อง เพื่อป้องกันเครื่องยนต์ไม่ให้เกิดความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิมากเกินไป

สำหรับวิธีการทดสอบรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ ทำเช่นเดียวกับวิธีการทดสอบรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเพิ่มเติมวิธีการทดสอบดังนี้ 1.ก่อนการทดสอบ เติมก๊าซธรรมชาติจนเต็มจากหัวจ่ายก๊าซที่สถานีบริการ โดยเลือกสถานีบริการที่รับก๊าซจากระบบท่อ(Conventional Station)และไม่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในระหว่างการเดินทาง 2.ในช่วงการทดสอบเมื่อเพิ่มคันเร่งจนถึงความเร็วที่ปรับตั้ง จากนั้นเปิดสวิตซ์เพื่อใช้ก๊าซธรรมชาติพร้อมกับจับเวลา จากนั้นเพิ่มคันเร่งจนถึงตำแหน่งสูงสุด รอจนกระทั่งเครื่องยนต์อยู่ในสภาวะคงตัว แล้วจึงบันทึกค่ากำลังเบรก อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่องยนต์ และค่าควันดำ หลังจากได้บันทึกค่าแล้ว ปิดสวิตซ์ก๊าซธรรมชาติพร้อมกับหยุดนาฬิกาจับเวลา บันทึกเวลา ปล่อยคันเร่งแล้วทำตามขั้นตอนเช่นเดียวกับการทดสอบรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล เมื่อลดอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นให้มีค่าประมาณ 90 °C แล้วนำรถตู้ทดสอบไปเติมก๊าซธรรมชาติเพื่อหาปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ระหว่างการทดสอบ โดยไม่เปิดใช้ก๊าซธรรมชาติในระหว่างการเดินทาง

5.1.1.2 วิธีการทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะภาระบางส่วน

ในการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่สภาวะภาระบางส่วนตามจุดทดสอบดังแสดงในรูปที่ 5-2 โดยอาศัยความสัมพันธ์ของความเร็วรถยนต์กับ BMEP ในการกระจายจุดทดสอบการทำงาน



รูปที่ 5-2 แสดงจุดที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระบางส่วน

คำนวณหาจุดทดสอบเพื่อใช้ในการสอบเทียบจุดทดสอบที่ได้จากการกำหนด BMEP โดยสภาวะการใช้งานที่นำมาคำนวณ กำหนดให้ผู้โดยสารเต็มคันรถจำนวน 11 คน น้ำหนักคนละ 90 กิโลกรัม น้ำหนักรถ 1595 กิโลกรัม น้ำหนักรวม 2585 กิโลกรัม จากนั้นคำนวณภาระ Road Load

Power ของรถตู้ ที่ความเร็วคงที่บนทางราบที่ความเร็ว 60, 70, 80,90 และ 100 กม./ชม. พารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณคือ แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistant) และแรงต้านอากาศ (Drag Force) ดังแสดงในสมการที่ 5-1 และ 5-2 ตามลำดับ

$$R_r = C_r M_v g S_v \quad (5\text{-}1)$$

$$F_d = 0.5 \rho_{air} C_d A_v V^3 \quad (5\text{-}2)$$

ผลการคำนวณ Road Load Power ที่ความเร็วคงที่ต่างๆแสดงดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 Road Load Power จากการคำนวณที่ความเร็วคงที่บนทางราบ

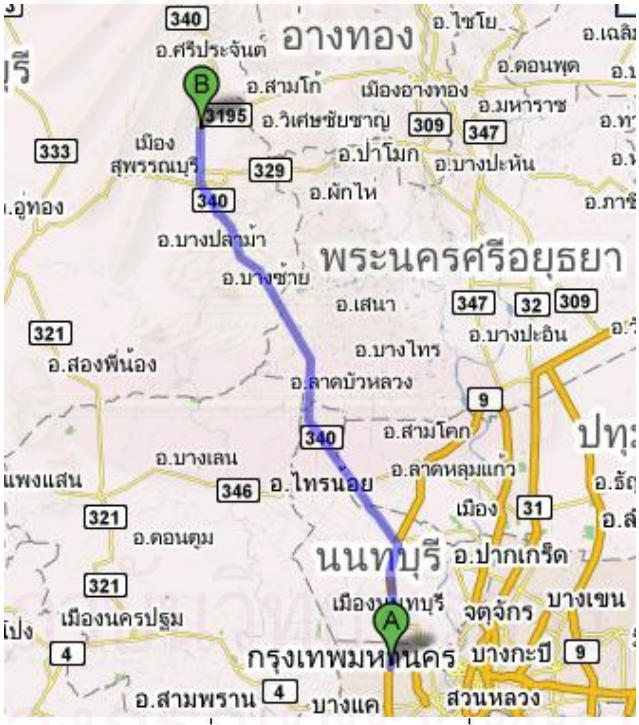
Speed (km/h)	60	70	80	90	100
Power (kW)	8.85	11.74	15.29	19.58	24.70

ก่อนเริ่มการทดสอบต้องทำการอุ่นเครื่องยนต์ด้วยการเดินเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบาเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเปิดระบบปรับอากาศโดยกำหนดตำแหน่งสวิทช์ควบคุมอุณหภูมิในห้องโดยสารให้เป็นตำแหน่งสูงสุดเพื่อควบคุมภาระของเครื่องยนต์จากระบบปรับอากาศให้มีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ เปิดพัดลมเพื่อสร้างลมจำลองให้กับรถตู้ทดสอบ โดยเรียงลำดับการทดสอบจากความเร็วต่ำสุดก่อน และเริ่มจากภาระต่ำไปหาภาระสูงจนครบทุกภาระในความเร็วนั้น จึงเปลี่ยนไปทดสอบในความเร็วที่สูงขึ้นถัดไป ป้อนค่าความเร็วที่ต้องการทดสอบให้กับ Chassis Dynamometer จากนั้นเริ่มทำการทดสอบจากจุดแรก เมื่อเพิ่มคันเร่งจนถึงภาระที่ต้องการแล้ว รอให้เครื่องยนต์อยู่ที่สภาวะคงตัว บันทึกข้อมูลจากการวัดค่าต่างๆ เช่นเดียวกับการทดสอบที่สภาวะสูงสุด จากนั้นจะเปลี่ยนไปทดสอบจุดทำงานต่อไปโดยเพิ่มภาระขึ้นด้วยการเพิ่มคันเร่งให้ได้ปริมาณกำลังเบรกที่ต้องการ เมื่อครบทุกจุดแล้ว จึงเปลี่ยนความเร็ว แล้วกระทำเช่นเดียวกันจนครบตามจุดทดสอบที่ได้กำหนด นำค่ากำลังเบรกและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไปคำนวณปรับค่าที่สภาวะอากาศมาตรฐาน แล้วนำค่าที่ปรับแล้วมาแสดงในรูปกราฟสมรรถนะ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเบรก ความเร็ว และอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล เพื่อเปรียบเทียบถึงความแตกต่างระหว่างสองเชื้อเพลิง

5.1.2 วิธีการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง

การทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง เป็นการขับรถตู้ทดสอบทีละคันบนถนนจริงด้วยความเร็วคงที่ สภาวะคงตัว เริ่มต้นจากความเร็ว 60,70 และ 80 กม./ชม.ด้วยอัตราทดเกียร์ 4 และที่ความเร็ว 60,70 และ 80 กม./ชม.ด้วยอัตราทดเกียร์ 5 ตามลำดับ

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบในช่วงกลางคืนเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการจราจรเนื่องจากระหว่างการขับด้วยความเร็วคงที่ต้องใช้เส้นทางราบที่มีรถสัญจรไปมาน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ระยะทางเพียงพอสำหรับการควบคุมความเร็วรถให้คงที่ในช่วงวัดประเมินผล นอกจากนี้การทดสอบในช่วงเวลากลางคืนยังมีข้อดีคือ ทำให้สภาวะเงื่อนไขการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันทุกครั้งที่ทำการทดสอบ เนื่องจากในช่วงเวลากลางคืนไม่มีผลของความร้อนจากแสงแดดจึงทำให้อุณหภูมิบรรยากาศระหว่างการทดสอบค่อนข้างคงที่ในแต่ละวันที่ทำการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดสอบ (ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิบรรยากาศที่วัดได้ในแต่ละวันที่ทดสอบมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 3 $^{\circ}$C) ซึ่งมีผลทำให้ ผลจากอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกที่ค่อนข้างคงที่และไม่มีผลของความร้อนจากแสงแดดทำให้ภาระทางความเย็น(Cooling load) ของระบบปรับอากาศในรถยนต์มีค่าค่อนข้างคงที่ (โดยตำแหน่งสวิทช์ควบคุมอุณหภูมิในห้องโดยสาร กำหนดให้เป็นตำแหน่งสูงสุดตลอดการทดสอบ) จึงมีผลให้ภาระส่วนเพิ่มของเครื่องยนต์เนื่องจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 5-3 แสดงเส้นทางที่ใช้ในการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่

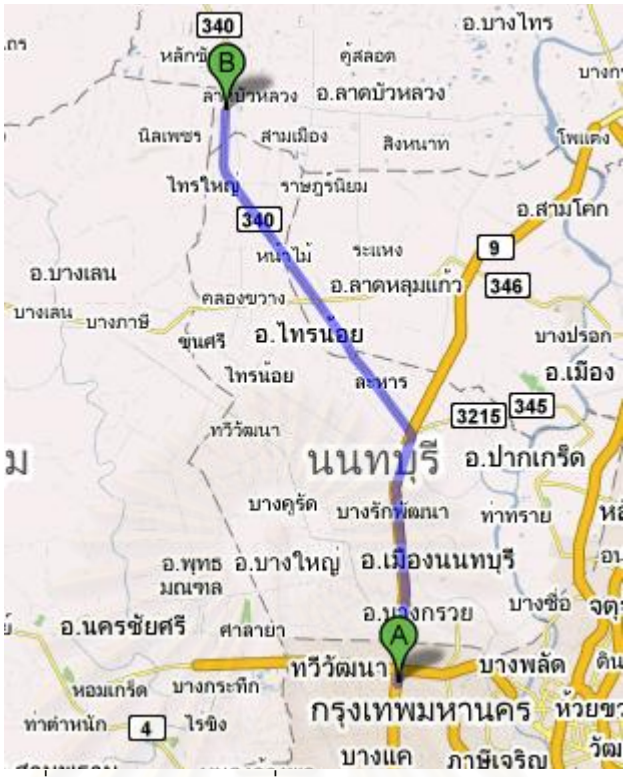
สำหรับเส้นทางและรูปแบบการขับรถทดสอบกำหนดให้เป็นแบบเดียวกันตลอดการทดสอบ โดยใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 340 ในการทดสอบ (เส้นทางไปจังหวัดสุพรรณบุรี)ดังแสดงในรูปที่ 5-3 เป็นเส้นทางที่มีต้นไม้สูงตลอดข้างทางซึ่งจะช่วยบังลมได้เป็นอย่างดีทำให้ผลจากการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมระหว่างการทดสอบมีค่าน้อยลง

การตรวจความพร้อมของเครื่องยนต์ ก่อนการทดสอบทุกครั้ง ได้แก่ การตรวจระดับน้ำมันหล่อลื่น น้ำหล่อเย็น น้ำมันเบรกและคลัช การรั่วซึมที่ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ การตรวจวัดความดันลมยางเริ่มต้นให้มีค่าเท่ากับ 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในล้อคู่หน้าและ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในล้อคู่หลัง โดยใช้เกจวัดความดันลมยางตัวเดียวกันตลอดการทดสอบ เป็นต้น ข้อมูลที่ทำการเก็บบันทึกประกอบไปด้วย ข้อมูลอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์, ข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดีเซลขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่สภาวะคงตัวและอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าคงที่ และการวัดอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติ ใช้วิธีเติมเต็มจากหัวจ่ายที่สถานีบริการ

ก่อนวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ได้ทำการตรวจสอบความเร็วของรถยนต์ให้มีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บบันทึกข้อมูลโดยการจับเวลาขณะที่รถเคลื่อนที่ในทางราบผ่านหลักกิโลเมตร ช่วงละ 3 กิโลเมตรเทียบกับเวลาที่ได้จากการคำนวณและทำการตรวจสอบให้แน่ใจว่าเครื่องยนต์ทำงานที่สภาวะคงตัวโดยรอจนอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์มีค่าคงที่ก่อนเริ่มเก็บข้อมูล จากการตรวจสอบทั้งสองส่วนขณะที่ทำการบันทึกข้อมูลทำให้แน่ใจว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่วัดได้มีความแม่นยำและถูกต้องสูง

5.1.3 วิธีการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง

การทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริงของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล โดยการขับขี่รถตู้ทั้งสองตามกัน เพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เหมือนกันเป็นระยะทาง 40000 กิโลเมตร เพื่อติดตามเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, อุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์, ค่าควันดำ, คุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่น และพฤติกรรมการสึกหรอจากชิ้นส่วนเครื่องยนต์จากผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นทุก 3000 กิโลเมตรตามคำแนะนำของผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่น ในแต่ละครั้งที่เปลี่ยนถ่ายต้องทำการเปลี่ยนกรองน้ำมันหล่อลื่นทุกครั้ง และทดลองยืดอายุน้ำมันหล่อลื่นเป็น 3500, 4000 และ 4500 กิโลเมตร เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำมันหล่อลื่นเกินอายุ สำหรับน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ เป็นน้ำมันหล่อลื่น PTT D-3 PLUS SAE 40 API CF ที่ผลิตครั้งเดียวกันเพื่อควบคุมปริมาณเศษโลหะและคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นเริ่มต้นให้มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเนื่องจากการเปลี่ยนถ่าย รายละเอียดของการทดสอบมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 5-4 แสดงเส้นทางที่ใช้ในการทดสอบความทนทาน

เส้นทางที่ใช้ในการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 5-4 เริ่มต้นจากสถานีบริการน้ำมันปตท.อินเตอร์ บนถนนกาญจนาภิเษก (ทางหลวงหมายเลข 9) มุ่งหน้าสู่สุพรรณบุรีโดยใช้ถนนกาญจนาภิเษกแล้วเข้าสู่ทางหลวงหมายเลข 340 มุ่งหน้าสู่สุพรรณบุรี แล้วกลับรถบริเวณลาดบัวหลวงเพื่อมุ่งหน้าสู่กรุงเทพ จากนั้นกลับรถบริเวณจุดเริ่มต้นทางหลวงหมายเลข 340 เพื่อวิ่งในเส้นทางเดิมเป็นรอบที่สอง และย้อนกลับมาที่สถานีบริการอินเตอร์ มีระยะทางประมาณ 151 กิโลเมตร โดยมีสถานีบริการปตท. ส. เจริญสมบัติ ถ.กาญจนาภิเษก (วงแหวนรอบนอก) เป็นสถานีสำรองกรณีก๊าซธรรมชาติที่สถานีบริการปตท.อินเตอร์หมด ในแต่ละวันจะขับรถทดสอบเป็นระยะทาง 1200 กิโลเมตรโดยประมาณ โดยสัดส่วนการขับรถยนต์ทดสอบประกอบไปด้วยการใช้งานในเมือง(city) และทางหลวงระหว่างจังหวัด (highway) ในสัดส่วน 25:75 ความเร็วที่ใช้ในการขับบนทางหลวงระหว่างจังหวัดอยู่ที่ 100 กม./ชม. โดยประมาณ

ก่อนเริ่มทดสอบในแต่ละวัน จะต้องตรวจสภาพความพร้อมของรถยนต์ทดสอบ โดยแบ่งเป็นการตรวจสอบภายในห้องเครื่องยนต์ การตรวจอุปกรณ์ในห้องโดยสารและการตรวจความเรียบร้อยภายนอกรถยนต์

การตรวจสอบภายในห้องเครื่อง ได้แก่ การตรวจระดับของน้ำมันหล่อลื่น น้ำหล่อเย็น ระดับน้ำมันเบรก คลัช การรั่วซึมของน้ำมันที่ตำแหน่งต่างๆ ความตึงของสายพาน อุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่องยนต์ เสียงหรือสิ่งผิดปกติอื่นๆ ที่เกิดขึ้น เป็นต้น

การตรวจอุปกรณ์ในห้องโดยสาร ได้แก่ การทดสอบอุปกรณ์แสงสว่างภายใน ไฟสัญญาณต่างๆ กระดาษจดบันทึกข้อมูล ไฟฉาย อุปกรณ์วัดอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นต้น

การตรวจสอบความเรียบร้อยภายนอกรถยนต์ ได้แก่ ระบบช่วงล่าง สภาพยาง และวัดความดันลมยาง (กำหนดให้มีความดันเท่ากับ 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในล้อหน้า และ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้วในล้อหลัง โดยใช้เกจวัดความดันลมยางตัวเดียวกันตลอดการทดสอบ)

โดยแต่ละวันจะมีการบันทึกอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะคงตัวที่ความเร็ว 100 กม./ชม. เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ในแต่ละวัน

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใช้วิธีการเติมเต็มจากหัวจ่ายน้ำมันดีเซลและหัวจ่ายก๊าซธรรมชาติ และบันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่เติมและเลขไมล์

การวัดค่าควันดำที่ออกจากท่อไอเสียทุกระยะ 1000 กิโลเมตรโดยประมาณ ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบเดินเบา ที่อุณหภูมิการทำงานปกติของเครื่องยนต์ การวัดค่าควันดำที่ออกจากท่อไอเสียทำได้โดยใส่หัวดูดไอเสีย(ที่ตำแหน่งเดียวกันทุกครั้ง) เข้าไปที่ปลายท่อไอเสีย จากนั้นเหยียบคันเร่งจนกระทั่งรอบเครื่องอยู่ประมาณ 3500 รอบ/นาที จากนั้นถอนคันเร่งให้รอบเครื่องยนต์ลดลงมาอยู่ประมาณ 2500 รอบ/นาที จากนั้นเหยียบคันเร่งเพื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ที่ 3000 รอบ/นาที ค้างไว้ 5 วินาที จากนั้นบีบลูกยางเพื่อดูดตัวอย่างไอเสียผ่านกระดาษกรอง ทำการทดสอบซ้ำในลักษณะเดียวกันจำนวน 3 ครั้ง

การสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น จะทำการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นทุก 1000 กิโลเมตรโดยประมาณ โดยการสุ่มตัวอย่างผ่านทางรูเหล็กวัดระดับน้ำมันหล่อลื่น ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบเดินเบา ที่อุณหภูมิการทำงานปกติของเครื่องยนต์ โดยในแต่ละครั้งจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันแล้วจะทำการเติมน้ำมันใหม่กลับคืนในปริมาตรที่เท่ากับการสุ่มตัวอย่างไปทุกครั้ง

5.2 วิธีการติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง

การติดตามผลการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน 1.การติดตามผลการใช้งานภายใต้สภาวะการใช้งานจริงของรถกระบะเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร 2.การติดตามผลการใช้งานภายใต้สภาวะการใช้งานจริงของรถหัวลากเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร มีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 วิธีการติดตามผลการใช้งานภายใต้สภาวะการใช้งานจริงของรถกระบะเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร

การติดตามผลการใช้งานภายใต้สภาวะการใช้งานจริงเป็นการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, ค่าควันดำ และพฤติกรรมการสึกหรอของเครื่องยนต์โดยใช้วิธีวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

รถกระบะที่ใช้ในการทดสอบ คัดเลือกจากรถกระบะที่สามารถติดต่อกับผู้ใช้รถได้ และสามารถเดินทางมายังจุดนัดพบเพื่อวัดค่าควันดำ และเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น สำหรับการเก็บข้อมูลการเติมเชื้อเพลิง ได้มีการทำใบบันทึกข้อมูลการเติมเชื้อเพลิงและชี้แจงวิธีบันทึกข้อมูลให้กับผู้ใช้รถเป็นผู้บันทึก ซึ่งข้อมูลต่างๆที่บันทึกประกอบด้วย เลขไมล์รถขณะที่เติมเชื้อเพลิง, ปริมาณน้ำมันดีเซล และปริมาณก๊าซธรรมชาติที่เติม บันทึกจากหัวจ่ายน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ

การเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ทำการเปลี่ยนถ่ายทุก 3000 กิโลเมตรโดยประมาณ ตามคำแนะนำของผู้ผลิตน้ำมันหล่อลื่น ในแต่ละครั้งที่เปลี่ยนถ่ายต้องทำการเปลี่ยนกรองน้ำมันหล่อลื่นทุกครั้ง และทดลองยืดอายุน้ำมันหล่อลื่นเป็น 4000 และ 5000 กิโลเมตร เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำมันหล่อลื่นเกินอายุ สำหรับน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ เป็นน้ำมันหล่อลื่น PTT D-3 PLUS SAE40 API CF ที่ผลิตครั้งเดียวกันเพื่อควบคุมปริมาณเศษโลหะและคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นเริ่มต้นให้มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเนื่องจากการเปลี่ยนถ่าย

การวัดค่าควันดำที่ออกจากท่อไอเสียทุกระยะ 1000 กิโลเมตรโดยประมาณ ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบเดินเบา อุณหภูมิการทำงานปกติของเครื่องยนต์ การวัดค่าควันดำที่ออกจากท่อไอเสียทำได้โดยใส่หัวดูดไอเสีย(ที่ตำแหน่งเดียวกันทุกครั้ง) เข้าไปที่ปลายท่อไอเสีย เพิ่มคันเร่งจนกระทั่งรอบเครื่องอยู่ประมาณ 3500 รอบ/นาที ลดคันเร่งให้รอบเครื่องยนต์ลดลงมาอยู่ประมาณ 2500 รอบ/นาที จากนั้นเพิ่มคันเร่งเพื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ที่ 3000 รอบ/นาที ค้างไว้ 5 วินาที จากนั้นบีบลูกยางเพื่อดูดตัวอย่างไอเสียผ่านกระดาษกรอง ทำการทดสอบซ้ำในลักษณะเดียวกันจำนวน 3 ครั้ง

การสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น จะทำการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นทุก 1000 กิโลเมตรโดยประมาณ โดยการสุ่มตัวอย่างผ่านทางรูเหล็กวัดระดับน้ำมันหล่อลื่น ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบเดินเบา ที่อุณหภูมิการทำงานปกติของเครื่องยนต์ โดยในแต่ละครั้งจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันแล้วจะทำการเติมน้ำมันใหม่กลับคืนในปริมาตรที่เท่ากับการสุ่มตัวอย่างไปทุกครั้ง

5.2.2 วิธีการติดตามผลการใช้งานภายใต้สภาวะการใช้งานจริงของรถหัวลากเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร

การติดตามผลการใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมจริงเป็นการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, ค่าควันดำ และพฤติกรรมการสึกหรอของเครื่องยนต์โดยใช้วิธีวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก

ทำการเลือกรถตัวอย่าง 1 คัน และติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์เพื่อตรวจสอบสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ และบันทึกค่าจากการใช้งานจริง โดยรถหัวลากตัวอย่างเป็นรถหัวลากยี่ห้อ Hino รุ่น ZM500 หลังจากไม่พบความผิดปกติระหว่างการใช้งาน จึงดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มเติมกับรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA จำนวน 5 คัน

การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น ในแต่ละครั้งที่ทำการเปลี่ยนถ่าย จะทำการเปลี่ยนถ่ายด้วยน้ำมันใหม่จำนวน 2 รอบ โดยรอบแรกหลังจากเปลี่ยนถ่าย เดินเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบาประมาณ 10 นาที เพื่อหมุนเวียนน้ำมันหล่อลื่นไปชะล้างสิ่งสกปรกที่ตกค้างในระบบ จากนั้นทำการเปลี่ยนถ่ายรอบที่สองและเปลี่ยนกรองน้ำมันหล่อลื่น สำหรับน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่น SHELL RIMULA-X SAE 15W-40 API CH-4 (มีอายุการเปลี่ยนถ่าย 20000 กิโลเมตร ตามคำแนะนำจากผู้ผลิต) ที่ผลิตครั้งเดียวกัน เพื่อควบคุมปริมาณเศษโลหะและคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นเริ่มต้นของแต่ละเครื่องยนต์

รถหัวลากที่ใช้ในการทดสอบ เป็นรถหัวลากที่ใช้ขนส่งตู้สินค้าระหว่างสถานีบรรจุและแยกกล่องการรถไฟลาดกระบัง (Inland Container Depot) กับท่าเรือแหลมฉบัง มีระยะทางการเดินทางต่อ 1 เที่ยวประมาณ 250 กิโลเมตร เดินทางขนส่งตู้สินค้าวันละ 2 เที่ยวโดยประมาณ มีน้ำหนักบรรทุกระหว่าง 2.3-35 ตัน โดยน้ำหนักบรรทุกบันทึกจากเอกสารการชั่งน้ำหนักเมื่อเข้าและออกจากท่าเรือแหลมฉบัง สำหรับเส้นทางการวิ่งได้แสดงไว้ในหัวข้อถัดไป

การสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่น จะทำการสุ่มตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นทุก 1000 กิโลเมตรโดยประมาณ โดยการสุ่มตัวอย่างผ่านทางรูเหล็กวัดระดับน้ำมันหล่อลื่น ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบเดินเบา ที่อุณหภูมิการทำงานปกติของเครื่องยนต์ โดยในแต่ละครั้งจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันแล้วจะทำการเติมน้ำมันใหม่กลับคืนในปริมาตรที่เท่ากับการสุ่มตัวอย่างไปทุกครั้ง

การวัดค่าควันดำ จะทำการวัดควันดำที่ออกจากท่อไอเสียทุกระยะ 1000 กิโลเมตรโดยประมาณ ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบเดินเบา ที่อุณหภูมิการทำงานปกติของเครื่องยนต์ การวัดค่าควันดำที่ออกจากท่อไอเสียทำได้โดยใส่หัวดูดไอเสีย(ที่ตำแหน่งเดียวกันทุกครั้ง)เข้าไปที่ปลายท่อไอเสีย โดยการวัดใช้วิธีการ 2 แบบคือ แบบที่ 1 เพิ่มคันเร่งจนกระทั่งรอบเครื่องอยู่ประมาณ 2500 รอบ/นาที จากนั้นลดคันเร่งให้รอบเครื่องยนต์ลดลงมาอยู่ประมาณ 1500 รอบ/นาที จากนั้นเพิ่มคันเร่งเพื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ที่ 2000 รอบ/นาที ค้างไว้ 5 วินาที จากนั้นบีบลูก

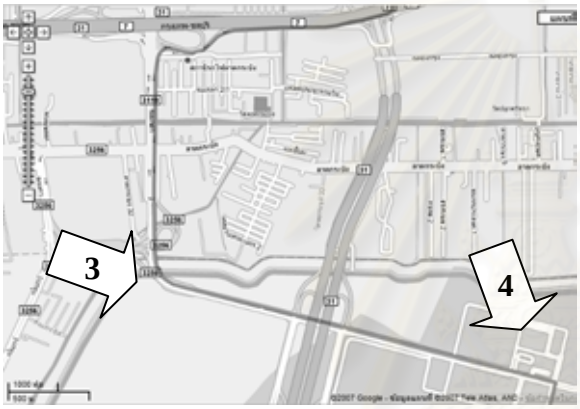
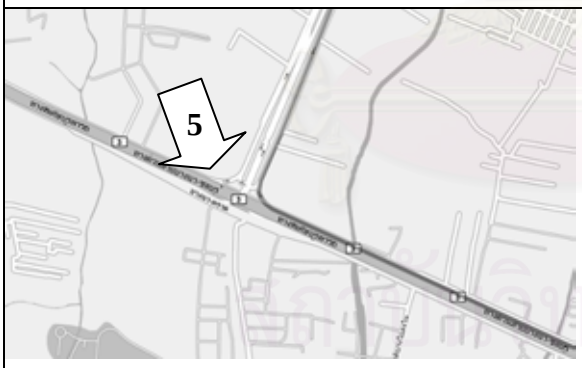
ยางเพื่อดูดตัวอย่างไอเสียผ่านกระดาษกรอง ทำการทดสอบซ้ำในลักษณะเดียวกันจำนวน 3 ครั้ง แบบที่ 2 เพิ่มคันเร่งสุดพร้อมทั้งบีบลูกยางเพื่อดูดตัวอย่างไอเสียผ่านกระดาษกรอง ทำการทดสอบซ้ำในลักษณะเดียวกันจำนวน 3 ครั้ง

เส้นทางการเดินทางของรถหัวลาก แสดงในรูปที่ 5-5 และรายละเอียดเส้นทางดังตารางที่ 5-2

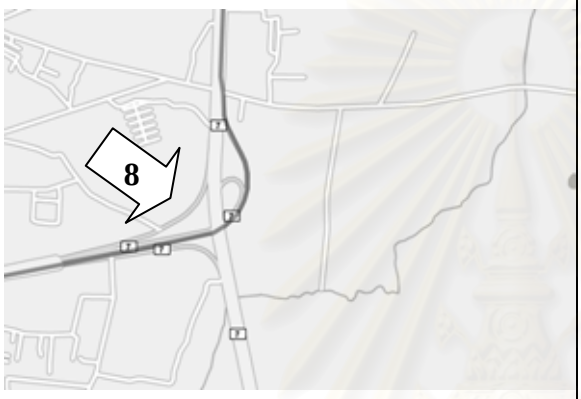
รูปที่ 5-5 แสดงเส้นทางการเดินทางของรถหัวลาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5-2 แสดงรายละเอียดเส้นทางการเดินทางของรถหัวลาก

	1. รถหัวลากเริ่มต้นจากสถานีบรรจุและแยกกล่องการรถไฟลาดกระบัง (Inland Container Depot) 2. เมื่อรับตู้สินค้าแล้วจะขึ้นสะพานข้ามถนน MotorWay เพื่อไปทางสนามบินสุวรรณภูมิ
	3. จากนั้นรถจะเลี้ยวซ้ายลงทางยกระดับเพื่อเข้าพื้นที่สนามบินสุวรรณภูมิ 4. เมื่อเข้าสู่พื้นที่สนามบินจะวิ่งไปตามทางโดยเลี้ยวขวาเพื่อออกถนนบางนา-ตราด
	5. รถออกจากสนามบินสุวรรณภูมิแล้วเลี้ยวซ้ายเข้าถนนบางนา-ตราด
	6. รถหัวลากจะวิ่งตามถนนบางนา-ตราดแล้วเลี้ยวซ้ายที่ทางแยกถนนเลี่ยงเมืองชลบุรีหรือทางหลวงหมายเลข 3

ตารางที่ 5-2 (ต่อ)แสดงรายละเอียดเส้นทางการเดินทางของรถหัวลาก

	7. รถหัวลากจะวิ่งตามถนนทางหลวงหมายเลข 3 แล้วเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ทางหลวงหมายเลข 7 ที่แยกห้วยกะปิ
	8. จากนั้นรถจะวิ่งตรงตามถนนทางหลวงหมายเลข 7 ไปจนถึงแยกสวนเสือแล้วเบี่ยงซ้ายไปทางท่าเรือแหลมฉบัง
	9. รถหัวลากจะวิ่งไปจนสุดทางบริเวณสถานีรถไฟแหลมฉบัง แล้วเลี้ยวซ้ายเข้านิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง 10. จากนั้นรถจะวิ่งไปตามทางถึงจุดหมายที่ประตูทางเข้าท่าเรือแหลมฉบังเพื่อส่งและรับตู้สินค้า หลังจากนั้นจะวิ่งกลับมายังสถานีบรรจุและแยกกล่องการรถไฟลาดกระบังโดยใช้เส้นทางเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.ผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล 2.ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 ผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล

ผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน 1.ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer 2.ผลการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง 3. ผลการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง มีรายละเอียดดังนี้

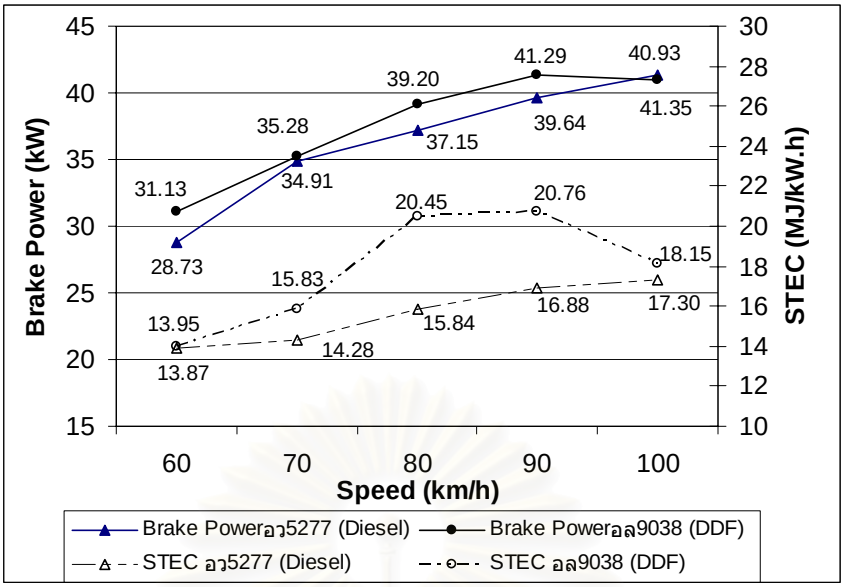
6.1.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer

ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer ผลการทดสอบมีดังนี้

6.1.1.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะภาระสูงสุด

ก. ผลของกำลังเบรก(Brake Power) และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวม จำเพาะ (STEC) ที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลของกำลังเบรกกับอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดของรถตู้ใช้น้ำมันดีเซล และรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 แสดงผลเปรียบเทียบค่ากำลังเบรกและอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

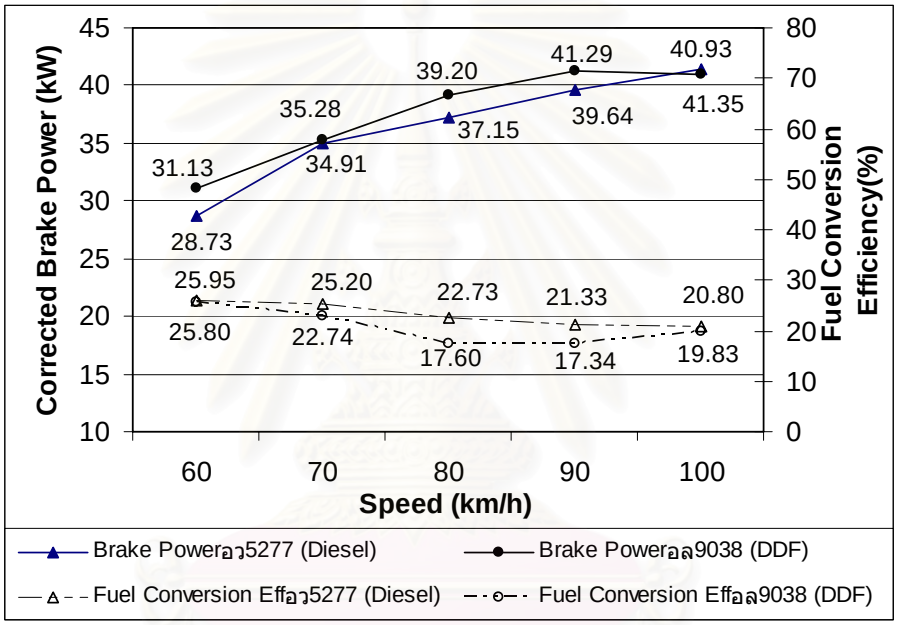
จากรูปที่ 6-1 แสดงผลเปรียบเทียบค่ากำลังเบรกและอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่ากำลังเบรกสูงสุดจากรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงมีค่าใกล้เคียงกับรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลที่ความเร็ว 70 และ 100 กม./ชม.และมีกำลังเบรกสูงสุดสูงกว่ารถตู้ใช้น้ำมันดีเซลที่ความเร็ว 60, 80 และ 90 กม./ชม. โดยค่าของกำลังเบรกสูงสุดของรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเท่ากับ 41.29 kW ที่ความเร็ว 90 กม./ชม. และรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลจะให้ค่ากำลังเบรกสูงสุดเท่ากับ 41.35 kW ที่ความเร็ว 100 กม./ชม. โดยความแตกต่างมากที่สุดของค่ากำลังเบรกสูงสุดเกิดขึ้นที่ความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง คือ 2.4 kW โดยกำลังที่ได้จากรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่า 31.13 kW ส่วนกำลังเบรกที่ได้จากรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลมีค่า 28.73 kW ความแตกต่างอยู่ที่ร้อยละ 8.34 อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ได้จากรถตู้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าที่ความเร็ว 70,80,90 และ 100 กม./ชม. โดยมีความแตกต่างกันมากที่สุดที่ความเร็ว 80 กม./ชม. โดยอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะของรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่า 20.45 MJ/kW.h และรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลมีค่า 15.84 MJ/kW.h ความแตกต่างอยู่ที่ร้อยละ 29.13 อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะมีค่าต่ำสุด และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความเร็ว 60 กม./ชม. โดยอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะของรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่า 13.95 MJ/kW.h และรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลมีค่า 13.87 MJ/kW.h

สรุปได้ว่าค่ากำลังเบรกสูงสุดของรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อยที่ความเร็ว 60, 80 และ 90 กม./ชม. และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความเร็ว 70 และ 100

กม./ชม. ส่วนอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะของรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ใช้น้ำมันดีเซลที่ความเร็ว 70, 80, 90 และ 100 กม./ชม.และมีค่าใกล้เคียงกันที่ความเร็ว 60 กม./ชม.

ข. ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก (Brake Fuel Conversion Efficiency) **ที่สภาวะภาระสูงสุด**

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดของรถตู้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงไว้ในรูปที่ 6-2



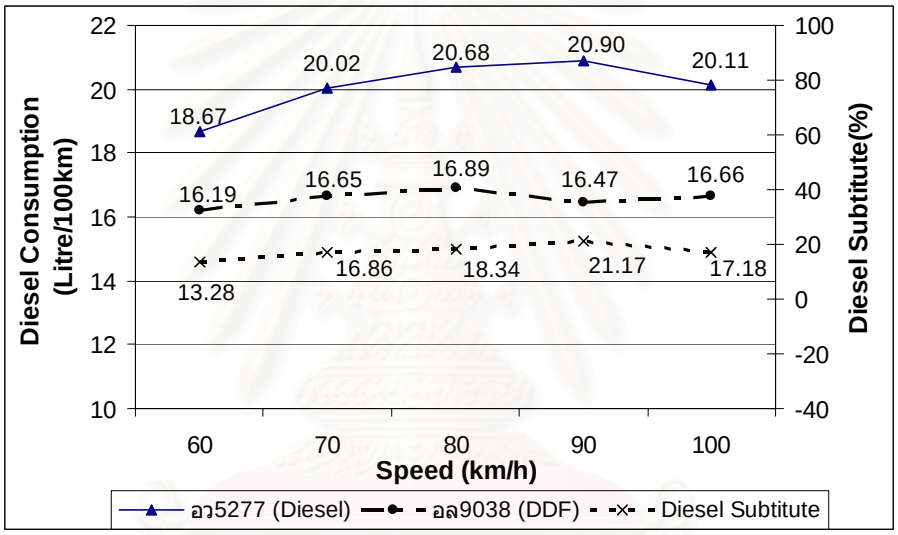
รูปที่ 6-2 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-2 แสดงผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่สภาวะภาระสูงสุดระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติพบว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงมีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทุกความเร็ว ประสิทธิภาพสูงสุดของการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกของรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าร้อยละ 25.8 ที่ความเร็ว 60 กม./ชม. ขณะที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจากรถตู้ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าร้อยละ 25.95 ที่ความเร็วเดียวกัน ซึ่งแตกต่างกันร้อยละ 0.57

สรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกจำเพาะที่สภาวะภาระสูงสุดจากการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพจากการใช้น้ำมันดีเซล โดยเฉพาะที่ความเร็ว 70, 80 และ 90 กม./ชม.

ค. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่สภาวะภาระสูงสุด

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่ที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงไว้ในรูปที่ 6-3



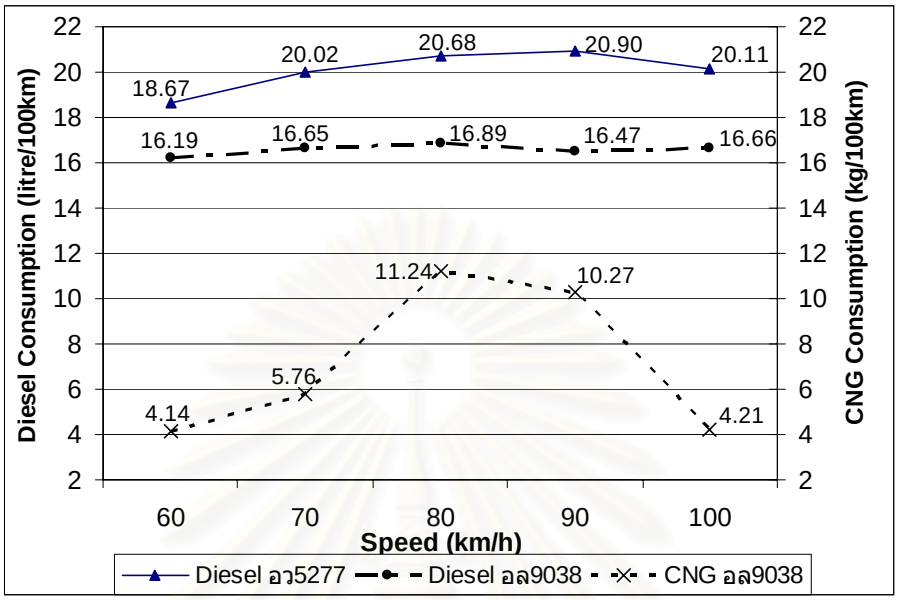
รูปที่ 6-3 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่สภาวะภาระสูงสุดระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-3 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่สภาวะภาระสูงสุดระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่า เมื่อเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลต่ำกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล โดยค่าร้อยละของอัตราส่วนแทนที่น้ำมันดีเซลสูงสุดมีค่าร้อยละ 21.17 ที่ความเร็ว 90 กม./ชม.

สรุปได้ว่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่สภาวะภาระสูงสุดมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลอยู่ในช่วง 13-22%

ง. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่สภาวะภาระสูงสุด

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่สภาวะภาระสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงไว้ในรูปที่ 6-4

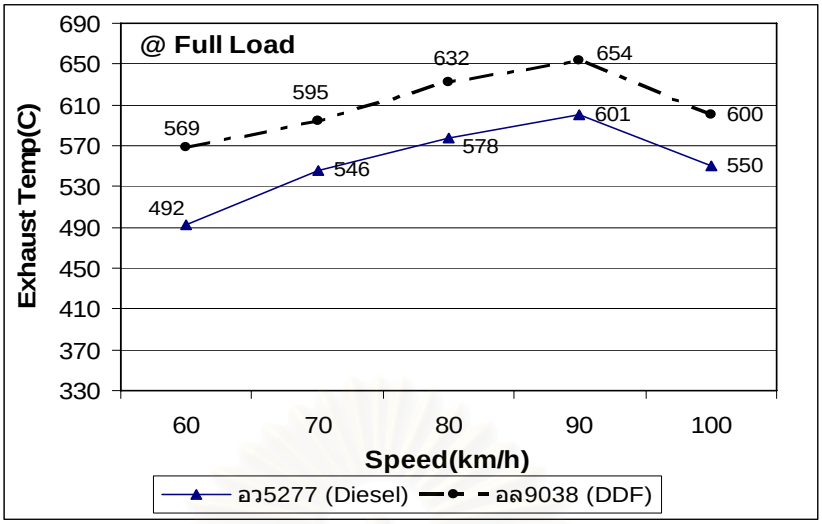


รูปที่ 6-4 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่สภาวะภาระสูงสุดระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-4 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่สภาวะภาระสูงสุดระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติพบว่า เครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติที่ความเร็ว 80 และ 90 กม./ชม. มีค่า 11.24 และ 10.27 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร ตามลำดับ สูงกว่าที่ความเร็ว 60, 70 และ 100 กม./ชม. ซึ่งมีค่า 4.14, 5.76 และ 4.21 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร ตามลำดับ

จ. อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด

อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด (Full Load) ที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-5



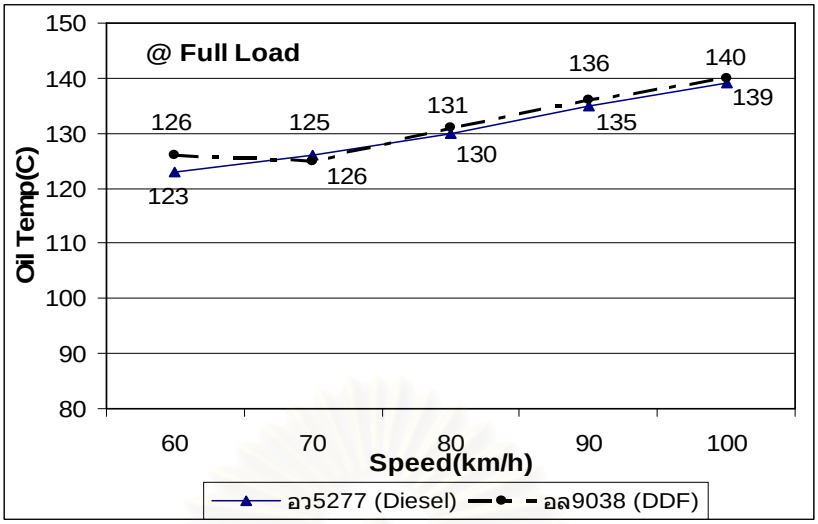
รูปที่ 6-5 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล และรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-5 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่า ที่ความเร็วคงที่ 60 และ 70 กม./ชม. อุณหภูมิไอเสียของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล แนวโน้มของอุณหภูมิไอเสียของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีแนวโน้มสูงขึ้นและลดลงที่ความเร็ว 100 กม./ชม. เนื่องจากในระหว่างการทดสอบเครื่องยนต์เกิด Over Heat (น้ำหล่อเย็นฝั่งขาออกจากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิ 115 C^{o} โดยประมาณ) น้ำหล่อเย็นในระบบระบายออกจากเครื่องยนต์ จึงหยุดการทดสอบ สำหรับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล ที่ภาระสูงสุดความเร็ว 80, 90 และ 100 กม./ชม. ไม่สามารถทดสอบได้ที่สภาวะคงตัวเนื่องจากภาระการทดสอบที่สูงและระยะเวลาที่ใช้มีเวลานาน Dynamometer มีอุณหภูมิสูงจากความร้อนสะสม จึงไม่สามารถทดลองได้ที่สภาวะคงตัวเพื่อป้องกัน Dynamometer เสียหาย

สรุปได้ว่าอุณหภูมิไอเสียของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่ความเร็ว 60 และ 70 กม./ชม. และมีแนวโน้มสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่ความเร็ว 80, 90 และ 100 กม./ชม.

ฉ. อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด

อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด (Full Load) ที่ได้จากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับ รถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-6

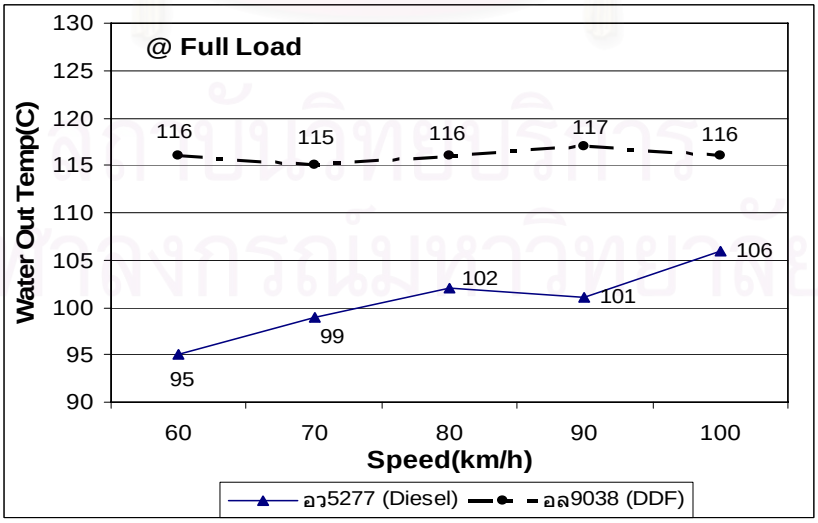


รูปที่ 6-6 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-6 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกความเร็วทดสอบ

ช. อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด ที่ได้จากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-7



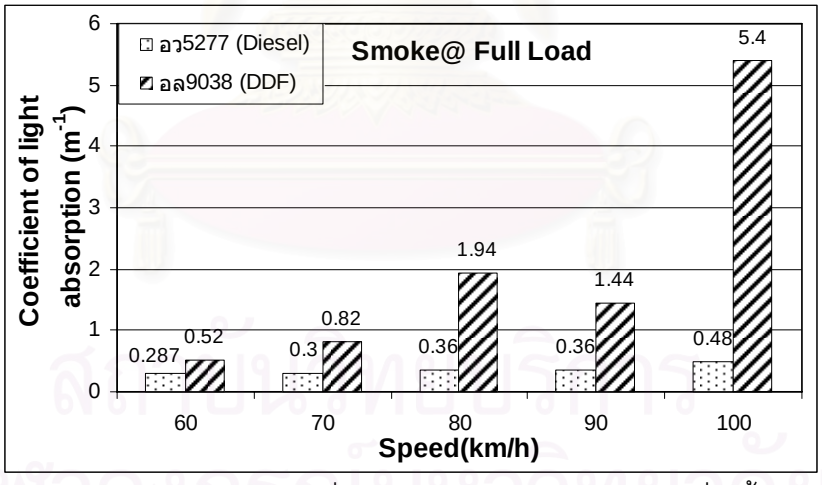
รูปที่ 6-7 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-7 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีแนวโน้มคงที่ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 115-117 °C เนื่องจากเครื่องยนต์เกิด Over Heat ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ระบายน้ำออกจากระบบเมื่ออุณหภูมิน้ำฝั่งขาออกจากเครื่องยนต์มีค่าประมาณ 115 °C สำหรับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามภาระที่สูงขึ้น และมีค่าต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

สรุปได้ว่าที่ความเร็ว 60 และ 70 กม./ชม. อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และมีแนวโน้มสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่ความเร็ว 80, 90 และ 100 กม./ชม.

ซ. ค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุด

ผลการวัดค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-8 พบว่าค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ มีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลทุกความเร็วทดสอบ

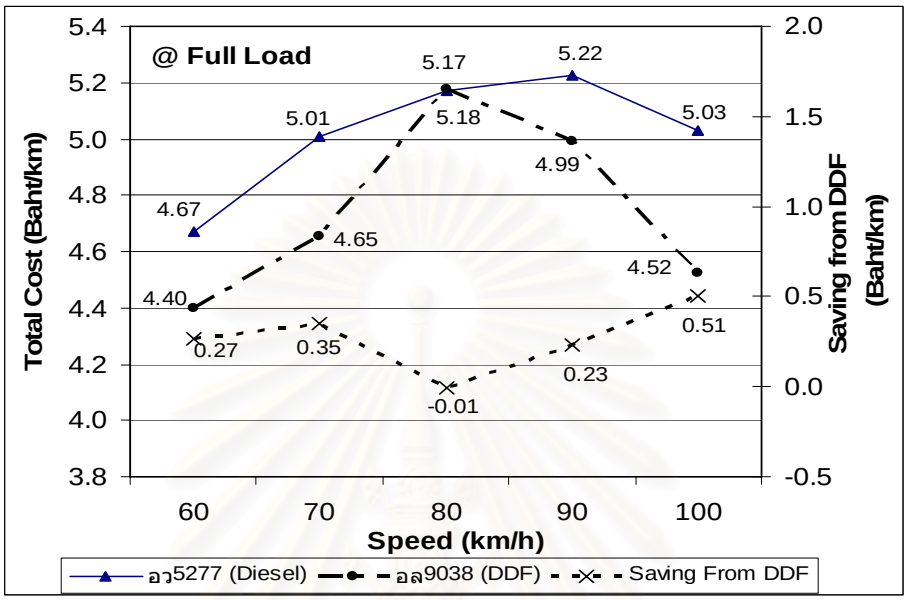


รูปที่ 6-8 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-8 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ มีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลทุกความเร็วทดสอบ

ฌ. ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด

ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด ที่ได้จากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ โดยใช้ราคาน้ำมันดีเซล 25 บาท/ลิตร และราคาก๊าซธรรมชาติ 8.5 บาท/กิโลกรัม แสดงในรูปที่ 6-9



รูปที่ 6-9 แสดงผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-9 แสดงผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุด ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมัน ดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าที่สภาวะภาระสูงสุด ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล เป็นเงิน 0.27, 0.35, 0.23 และ 0.51 บาท/กิโลเมตร ที่ความเร็ว 60, 70, 90 และ 100 กม./ชม.ตามลำดับ สำหรับที่ความเร็ว 80 กม./ชม. มีค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงมากกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล 0.01 บาท/กิโลเมตร

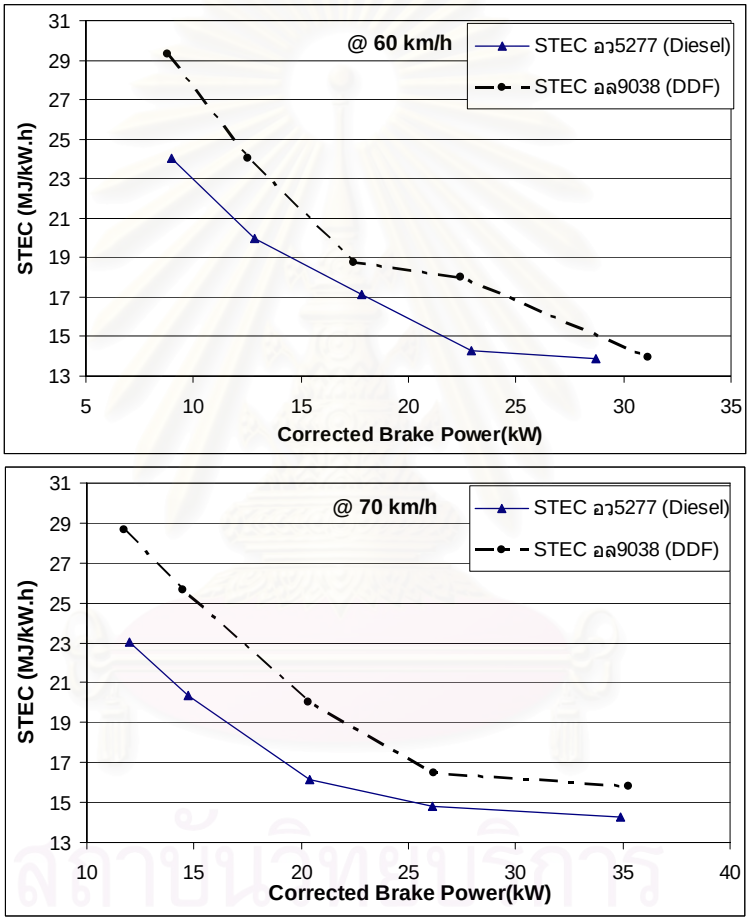
สรุปได้ว่าค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่สภาวะภาระสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล โดยมีค่าไม่แตกต่างกันที่ความเร็ว 80 กม./ชม.

จากผลการทดสอบที่สภาวะภาระสูงสุดของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ กำลังเบรกสูงสุดที่ได้จากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล อาจสรุปได้ว่าปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีปริมาณมากกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล สอดคล้องกับอัตราสิ้นเปลืองพลังงานที่สูงกว่า และค่าควันดำที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด

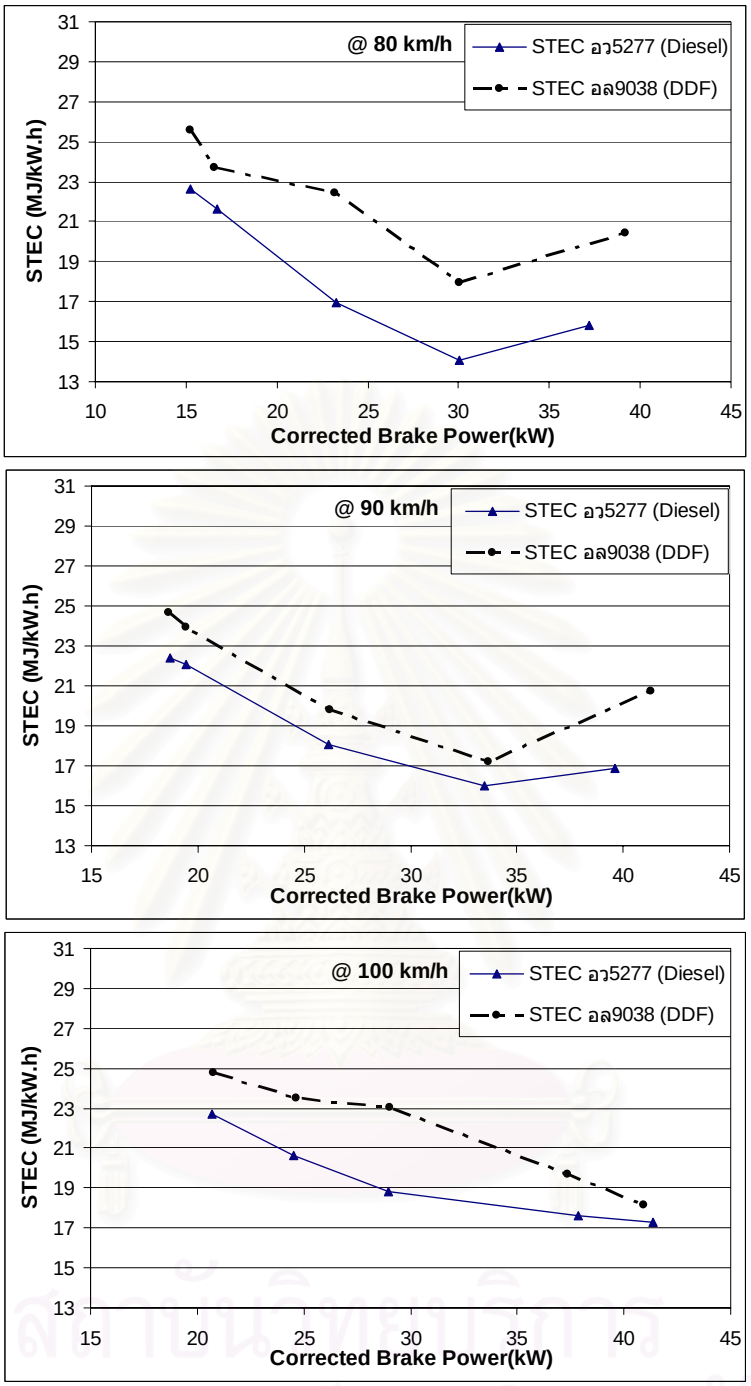
6.1.1.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้บน Chassis Dynamometer ที่สภาวะภาระบางส่วน

ก. ค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ (STEC) ที่ความเร็วคงที่สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะ และค่ากำลังเบรกที่ความเร็วรถคงที่เปรียบเทียบระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล กับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 6-10

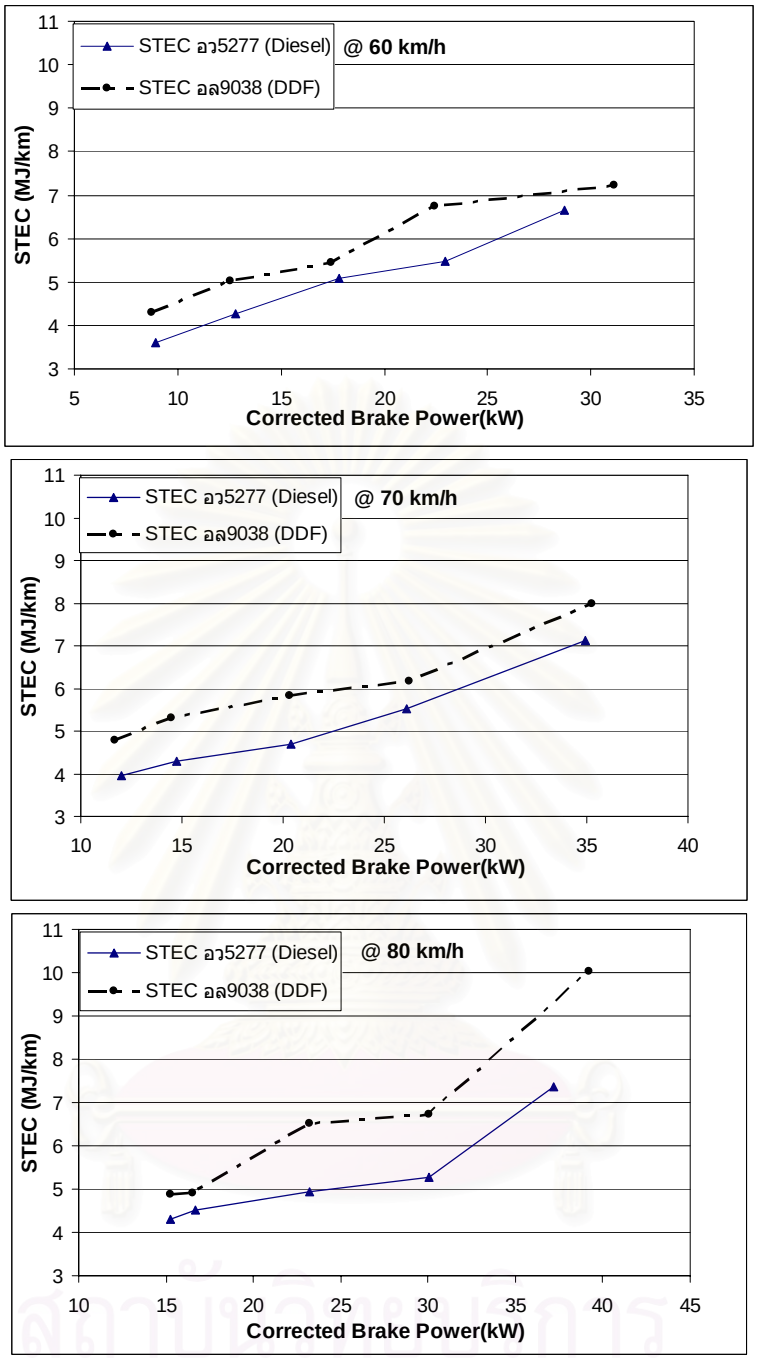


รูปที่ 6-10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะกับกำลังเบรกของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

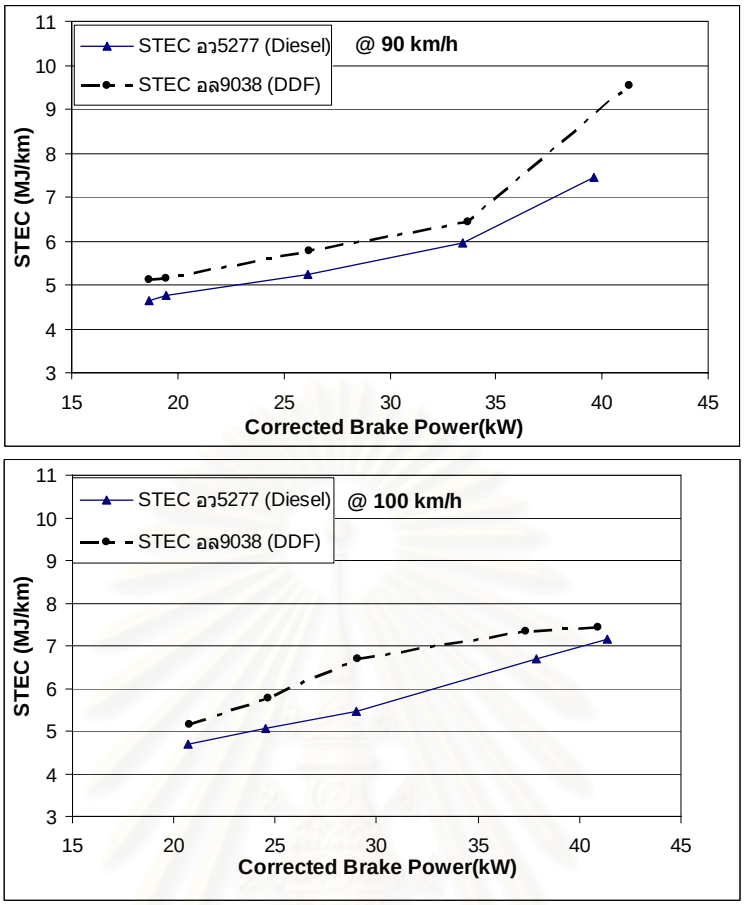


รูปที่ 6-10 (ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะกับกำลังเบรกของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะกับกำลังเบรกของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่ 60, 70, 80, 90 และ 100 กม./ชม. พบว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลอย่างชัดเจนทุกความเร็ว และภาระที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 6-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะกับกำลังเบรกของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

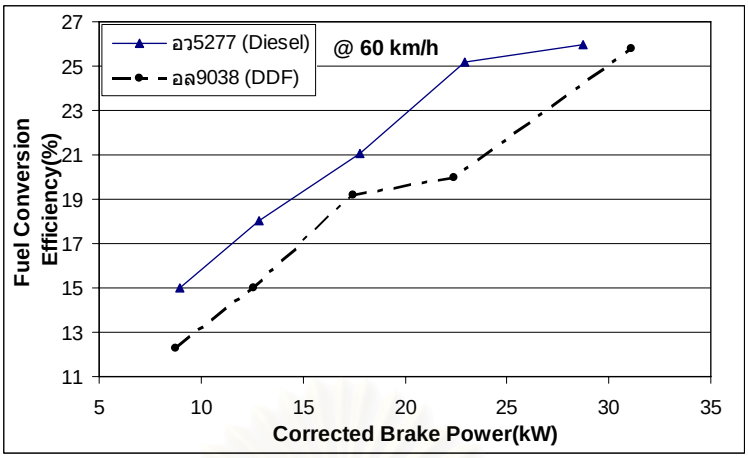


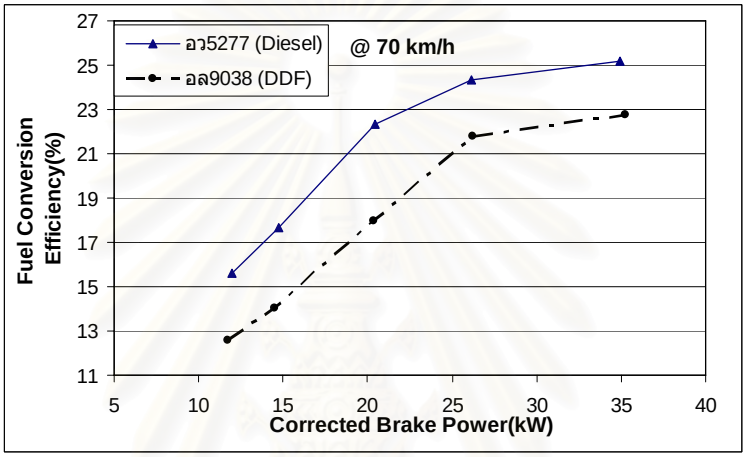
รูปที่ 6-11 (ต่อ)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะกับกำลังเบรกของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

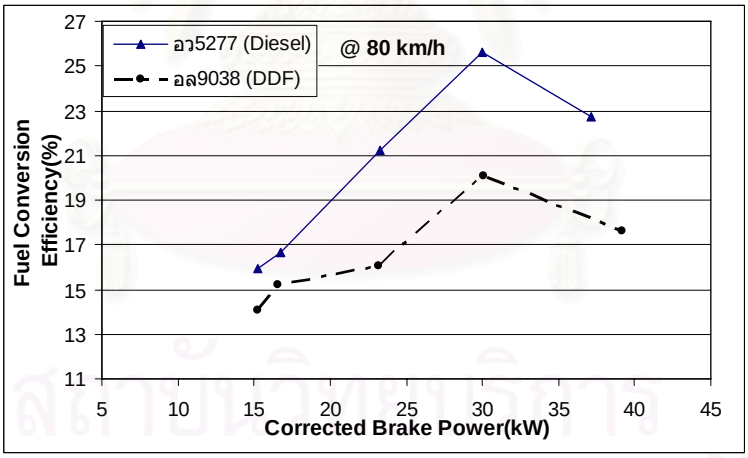
จากรูปที่ 6-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะกับกำลังเบรกของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่ 60, 70, 80, 90 และ 100 กม./ชม. พบว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลในทุกความเร็ว และภาระที่ทำการทดสอบ

ข. ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วน

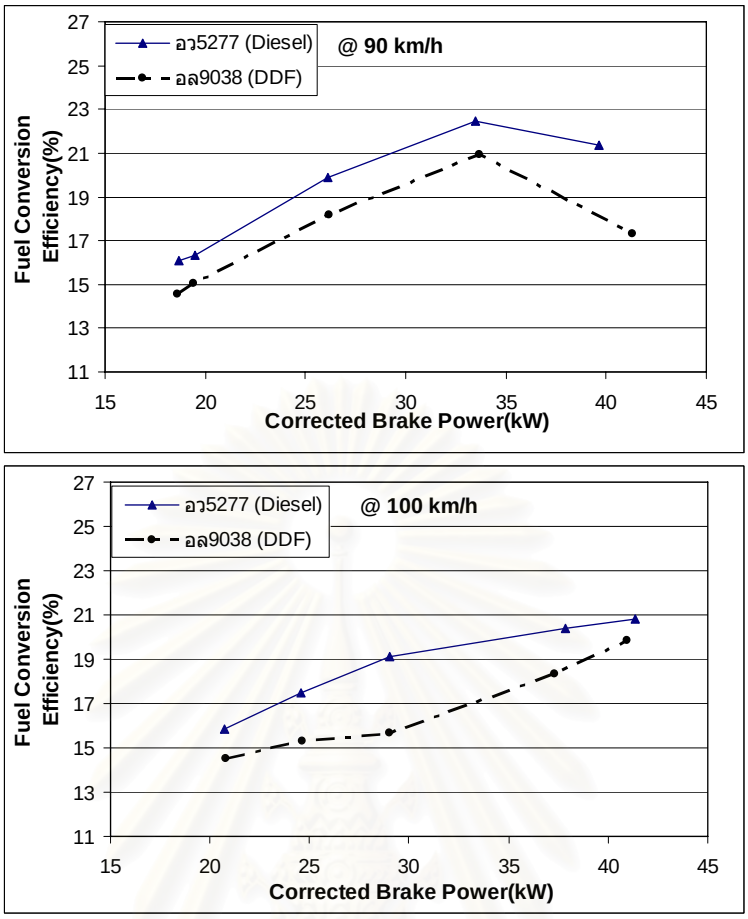
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงและค่ากำลังเบรกที่ความเร็วคงที่ เปรียบเทียบผลระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล และรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 6-12 พบว่า รถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงต่ำกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลทุกความเร็ว และภาระที่ทำการทดสอบ







รูปที่ 6-12 แสดงผลเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

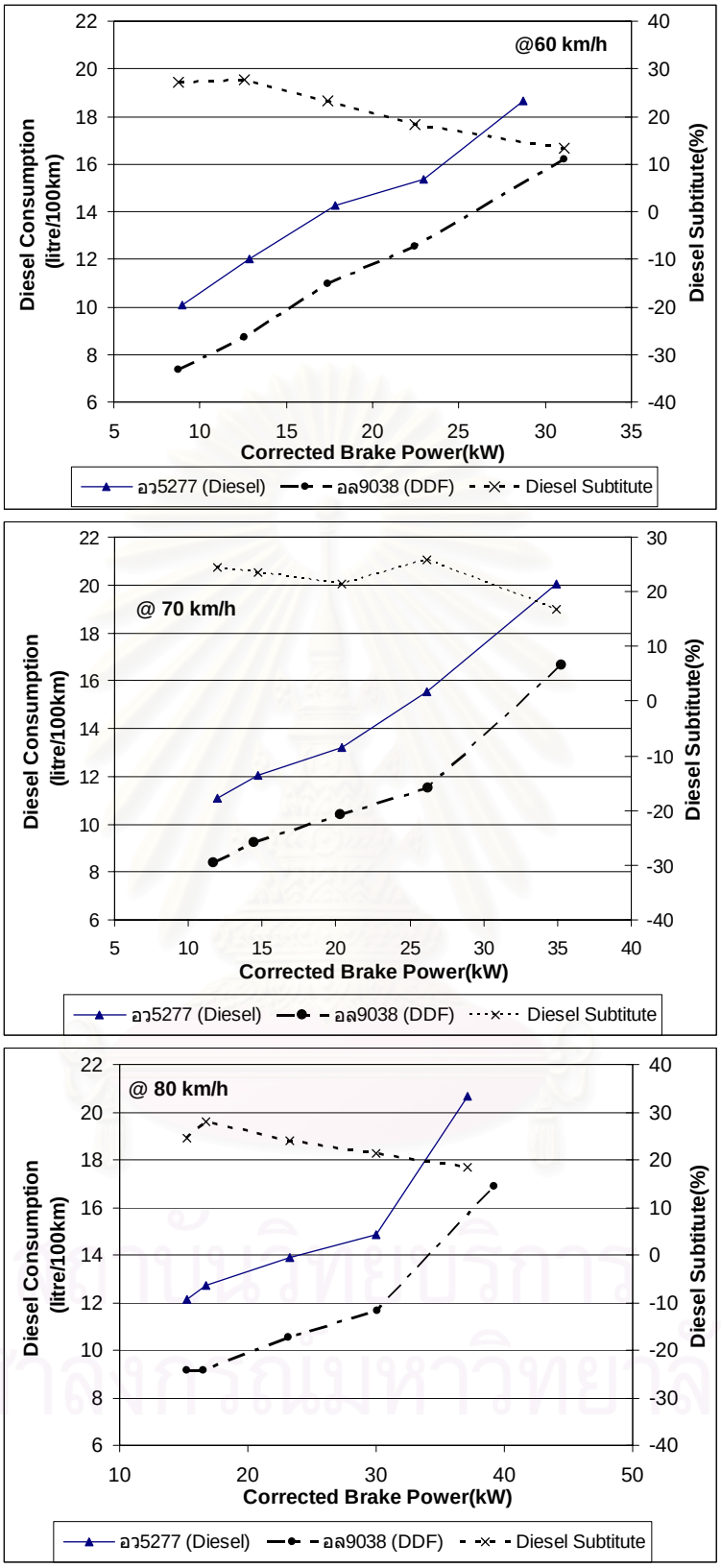


รูปที่ 6-12 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

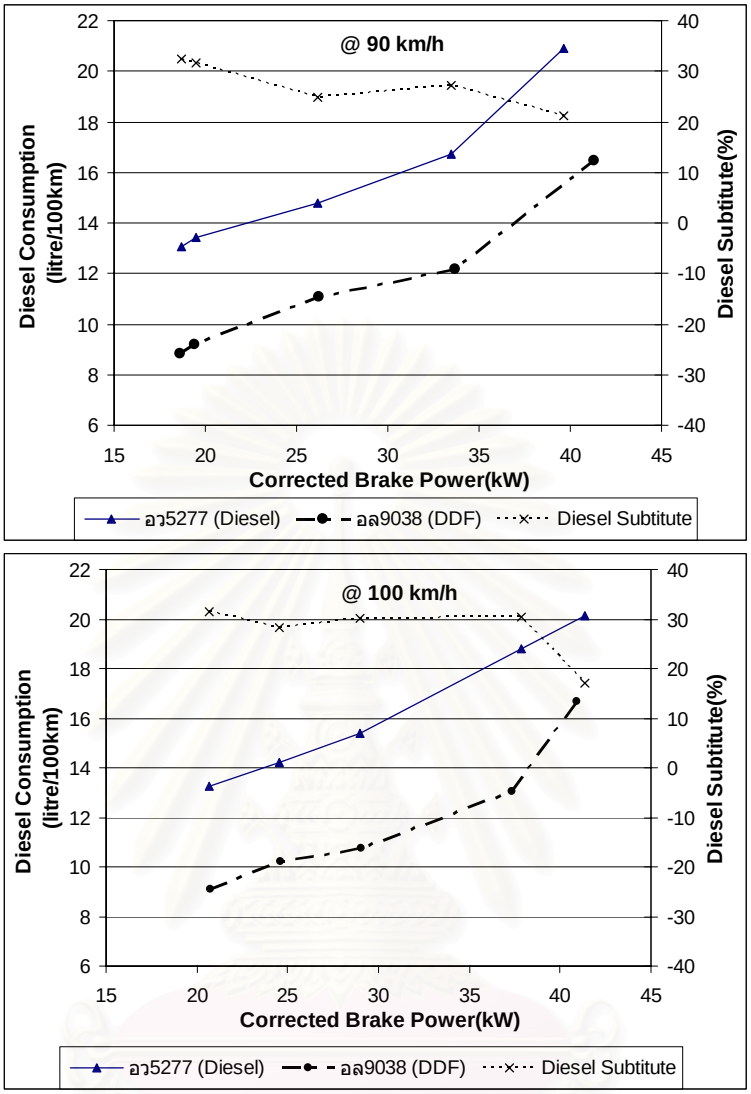
ค. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่ความเร็วคงที่เปรียบเทียบระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล กับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 6-13

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-13 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

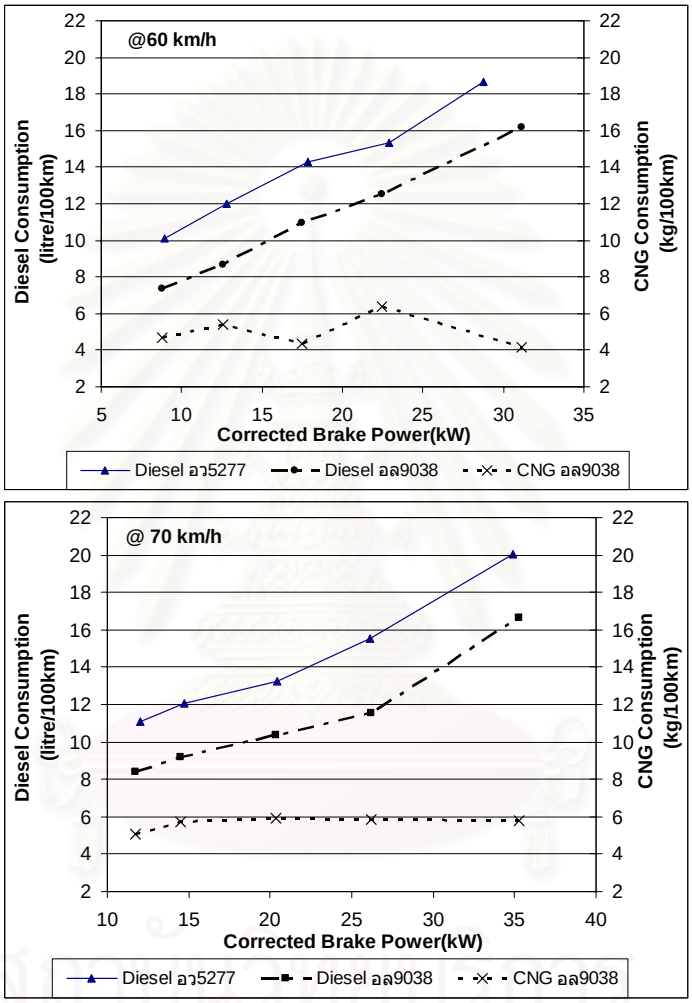


รูปที่ 6-13 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

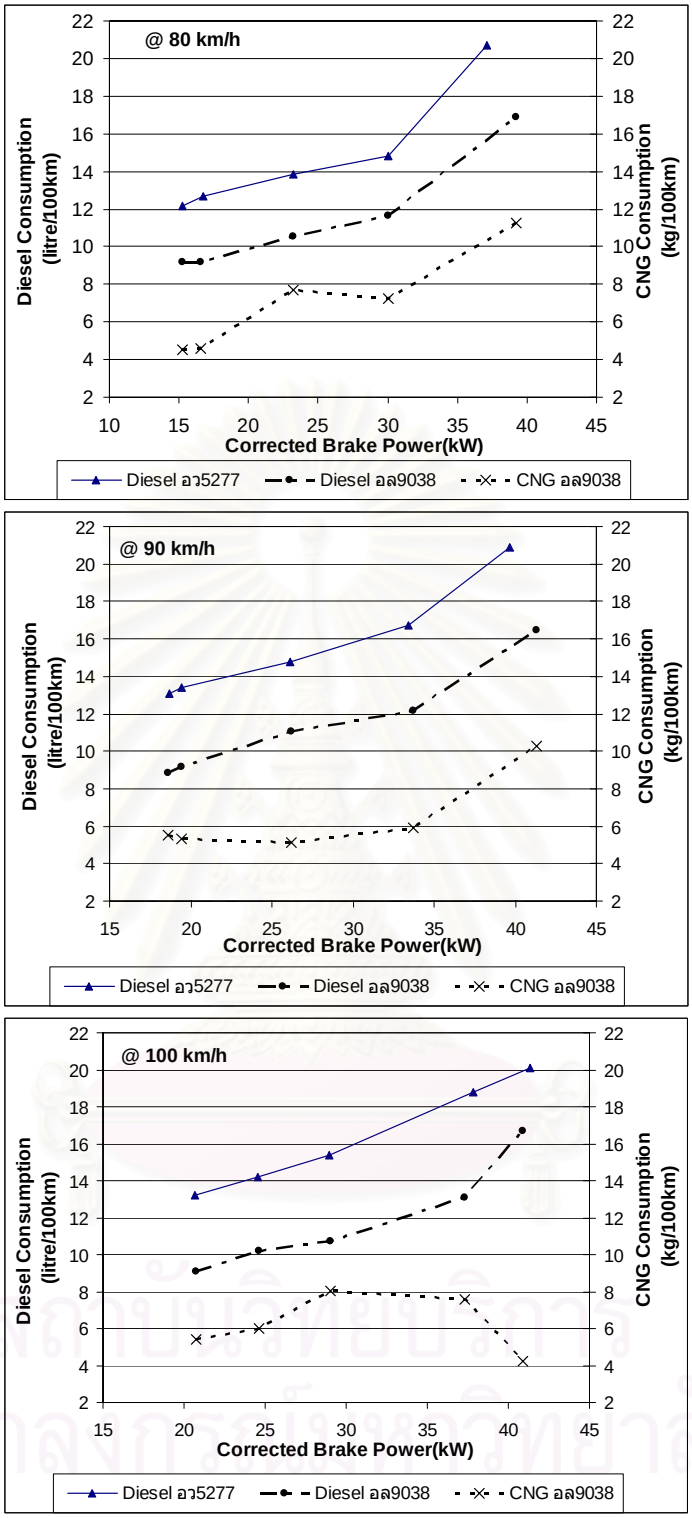
จากรูปที่ 6-13 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการ แทนที่น้ำมันดีเซล ที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่า รถตู้ทดสอบทั้งสองคันมีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลสูงขึ้นตามกำลังเบรกที่สูงขึ้น โดยรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลต่ำกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลในทุกความเร็ว และภาระที่ทำการทดสอบ สำหรับค่าร้อยละของอัตราส่วนแทนที่น้ำมันดีเซลมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 13-33 โดยอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลมีค่าต่ำสุดที่ภาระสูงสุดในทุกความเร็วที่ทำการทดสอบ

ง. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่เปรียบเทียบระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล กับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 6-14



รูปที่ 6-14 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

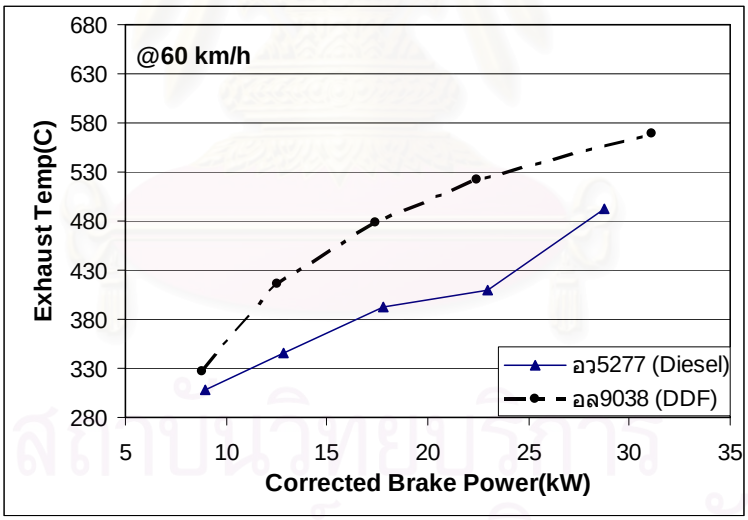


รูปที่ 6-14 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

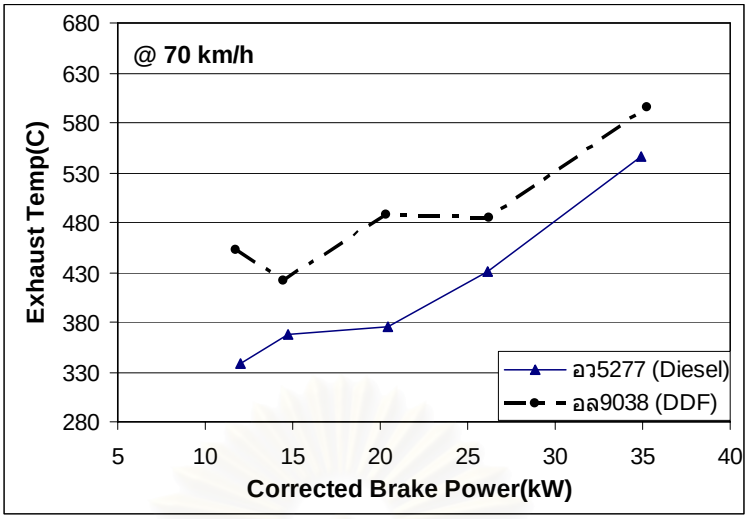
จากรูปที่ 6-14 ผลเปรียบเทียบค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่า รถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่ความเร็วเดียวกัน อัตราการสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติที่ความเร็ว 60 กม./ชม. มีแนวโน้มคงที่ โดยมีอัตราสิ้นเปลืองอยู่ระหว่าง 4.1-6.4 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร ที่ความเร็ว 70 กม./ชม.ที่ภาระ 11.72 kW มีอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติ 5.09 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร และเมื่อภาระสูงขึ้น อัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติมีค่าระหว่าง 5.7-5.95 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร ที่ความเร็ว 80 กม./ชม.อัตราการสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อภาระเพิ่มขึ้น ที่ความเร็ว 90 กม./ชม.มีอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติระหว่าง 5.1-5.9 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร ที่ภาระบางส่วน และมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 10.27 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร ที่ภาระสูงสุด และที่ความเร็ว 100 กม./ชม.อัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อภาระเพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงที่ภาระสูงสุด

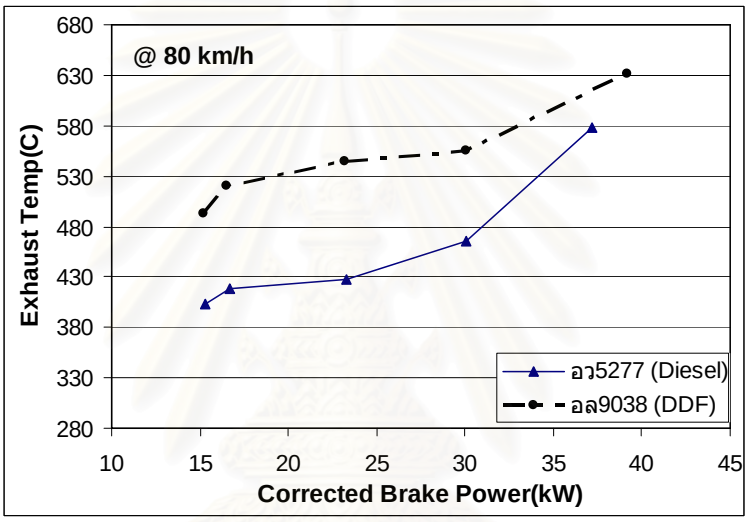
จ. อุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วน

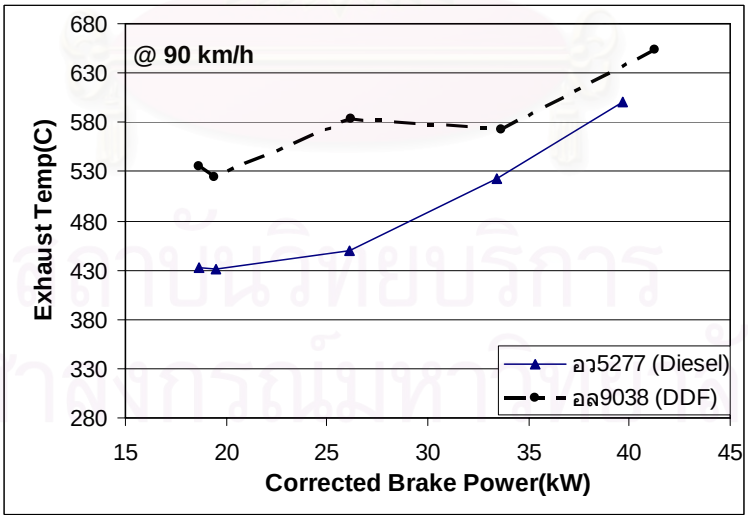
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิไอเสียระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติแสดงดังรูปที่ 6-15



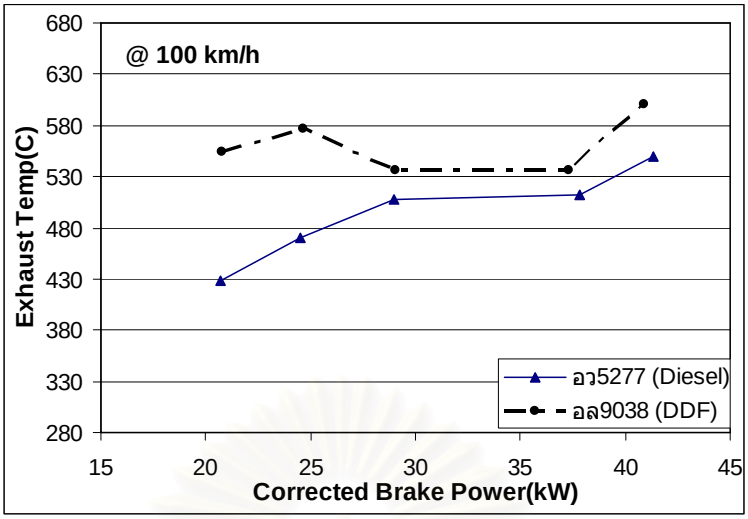
รูปที่ 6-15 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ







รูปที่ 6-15 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

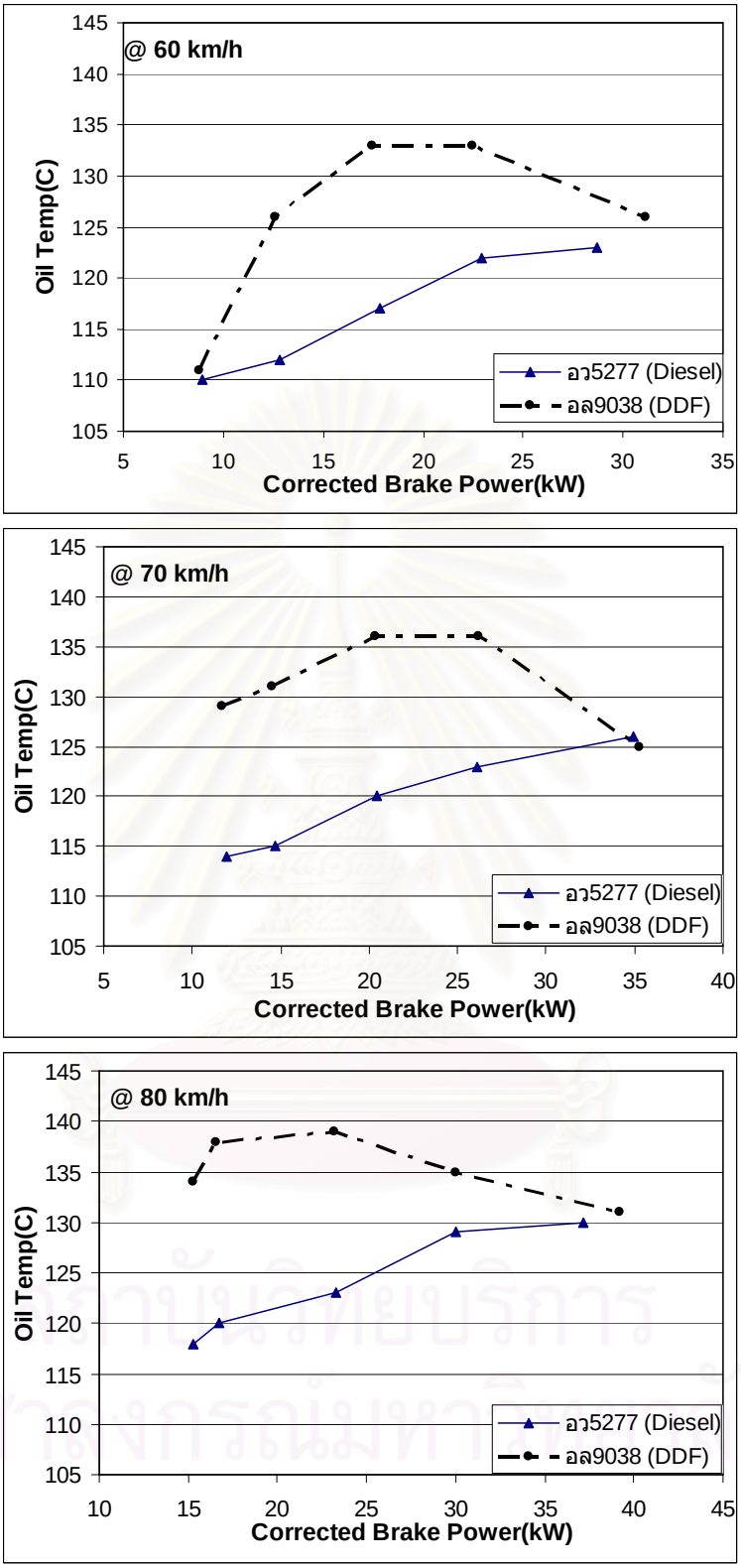


รูปที่ 6-15 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

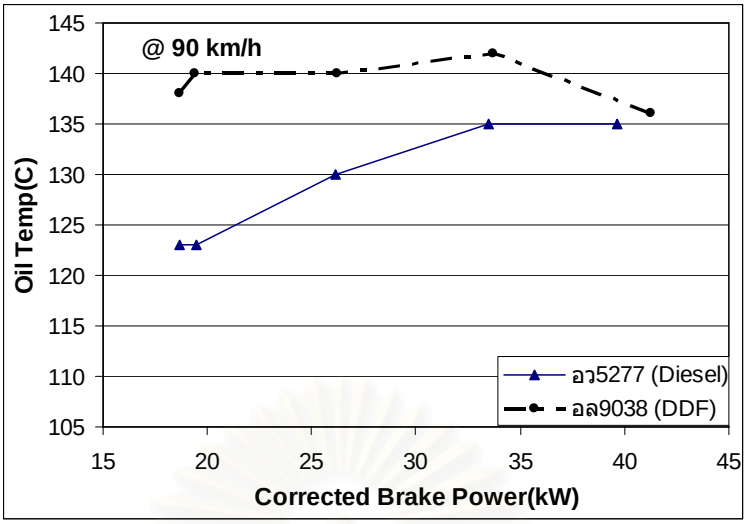
จากรูปที่ 6-15 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอเสียที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าอุณหภูมิไอเสียของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล สำหรับแนวโน้มที่ไม่แน่นอนของอุณหภูมิไอเสีย เกิดจากระหว่างการทดสอบเครื่องยนต์เกิด Over Heat (น้ำหล่อเย็นฝั่งขาออกจากเครื่องยนต์มีอุณหภูมิ 115 C° โดยประมาณ) น้ำหล่อเย็นในระบบระบายออกจากเครื่องยนต์ จึงหยุดการทดสอบ ที่ความเร็ว 60 กม./ชม.กำลังเบรก 17.44, 22.6, 31.3 kW ความเร็ว 70 กม./ชม.กำลังเบรก 14.5, 20.33, 26.21, 35.28 kW ความเร็ว 80 กม./ชม.กำลังเบรก 16.55, 23.19, 30.05, 39.2 kW ความเร็ว 90 กม./ชม.กำลังเบรก 19.43, 26.22, 33.69, 41.29 kW และที่ความเร็ว 100 กม./ชม.ทุกกำลังเบรกที่ทดสอบจึงหยุดทำการทดสอบเมื่อน้ำหล่อเย็นระบายออกจากระบบ สำหรับรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล ที่ภาระสูงสุดความเร็ว 90 กม./ชม. ที่ภาระสูงสุด และความเร็ว 100 กม./ชม.ภาระ 37.86 kW และ 41.35 kW ไม่สามารถทดสอบได้ที่สภาวะคงตัวเนื่องจากภาระการทดสอบที่สูงและระยะเวลาที่ใช้มีเวลานาน Chassis Dynamometer มีอุณหภูมิสูงจึงไม่สามารถทดลองได้ที่สภาวะคงตัวเพื่อป้องกัน Dynamometer เสียหาย

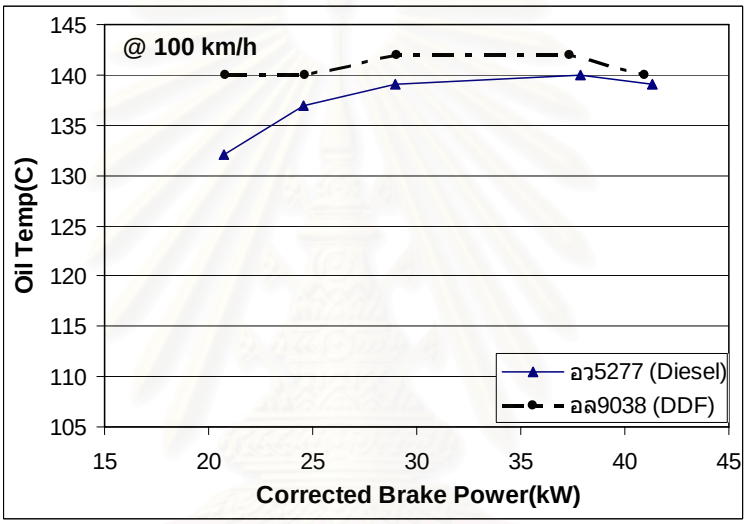
ฉ. อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 6-16



รูปที่ 6-16 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

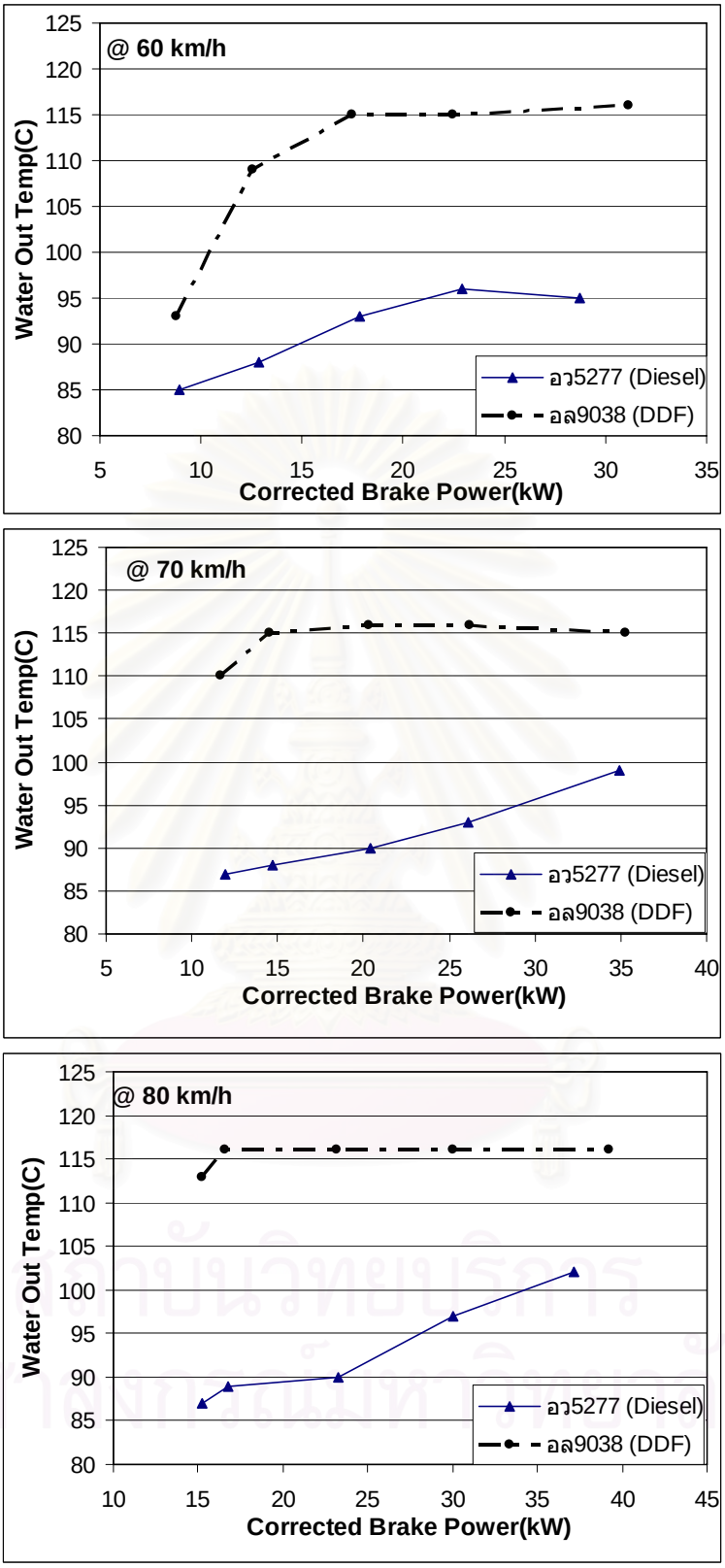




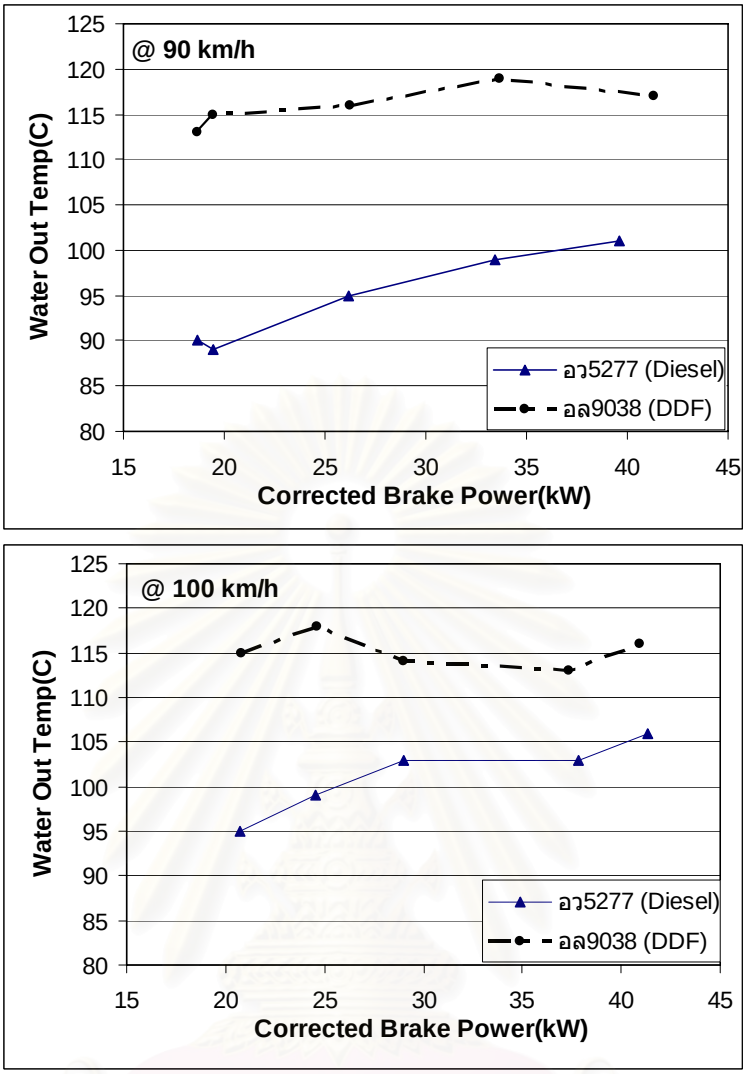
รูปที่ 6-16 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

ช. อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติแสดง ดังรูปที่ 6-17



รูปที่ 6-17 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

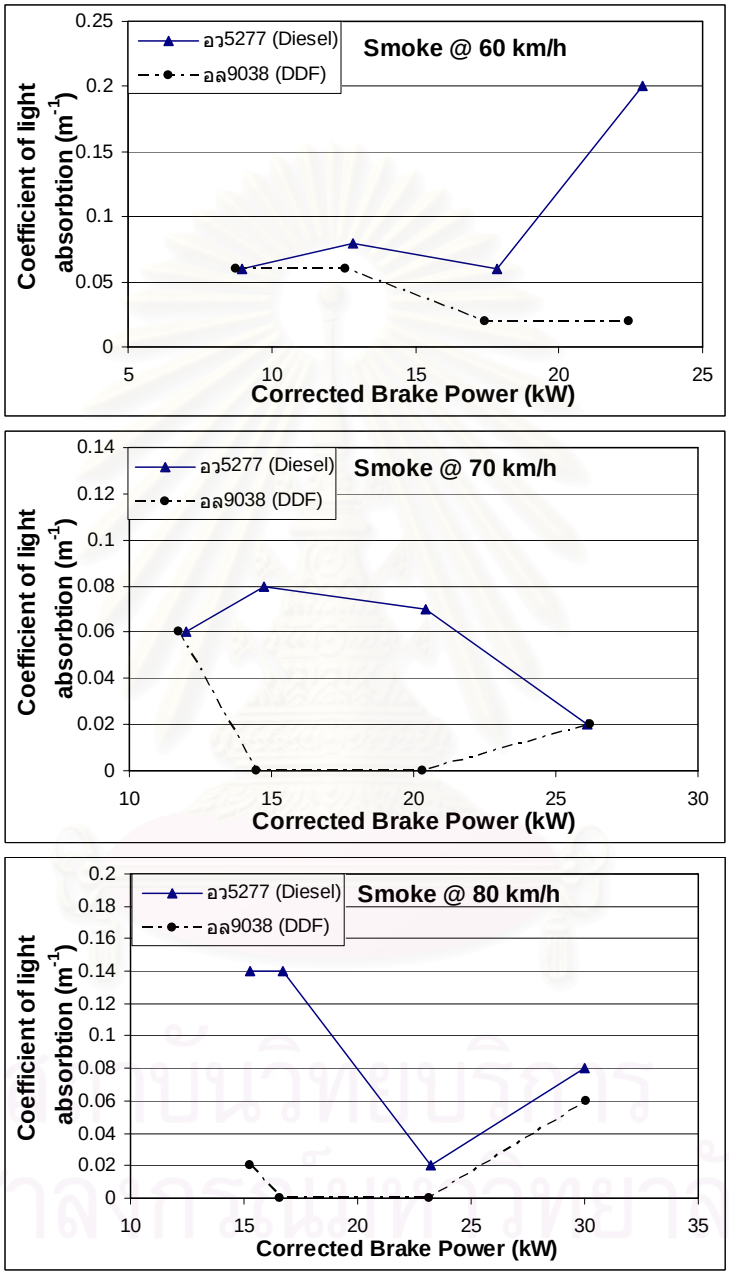


รูปที่ 6-17 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

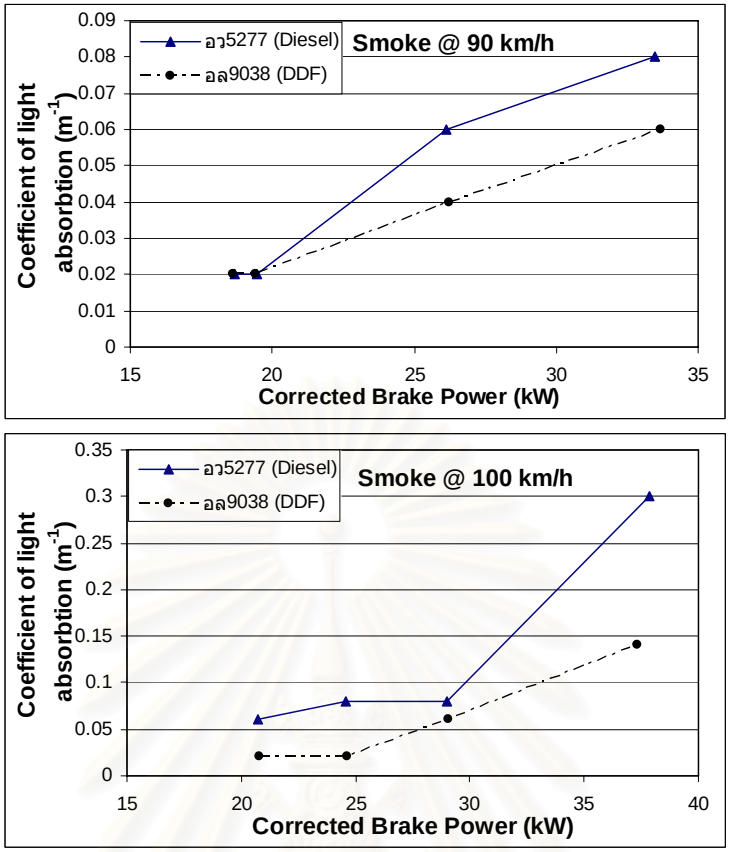
จากรูปที่ 6-17 แสดงผลเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล แนวโน้มของน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นแต่ไม่เกิน 119 C° เมื่อกำลังเบรกเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นฝั่งขาออกจากเครื่องยนต์เมื่อสูงขึ้นถึง 115-119 C° โดยประมาณ ระบบระบายความร้อนจะระบายน้ำออกจากเครื่องยนต์ จึงหยุดทำการทดสอบเพื่อป้องกันเครื่องยนต์เสียหาย แนวโน้มของอุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องยนต์จึงมีแนวโน้มคงที่เมื่อกำลังเบรกเพิ่มขึ้น

ซ. **ค่าควันดำที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วน**

จากการวัดค่าควันดำที่สภาวะภาระบางส่วนของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-18



รูปที่ 6-18 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล และรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ



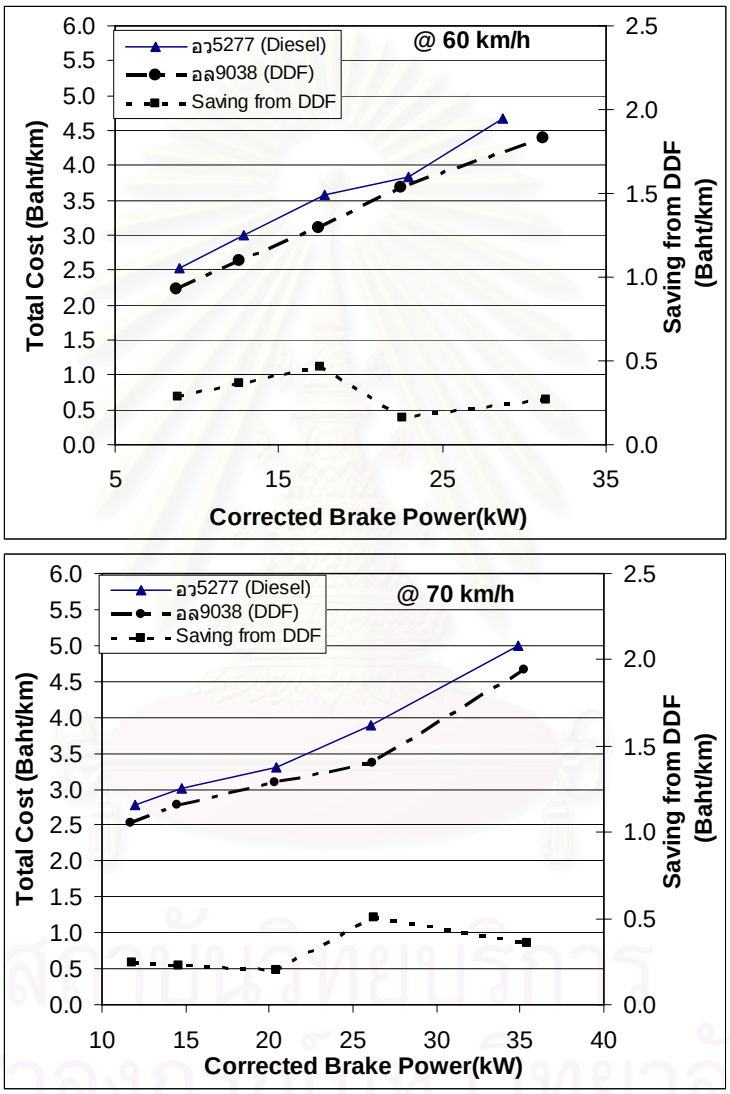
รูปที่ 6-18 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-18 แสดงผลเปรียบเทียบค่าควันดำที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าค่าควันดำที่ความเร็ว 60, 70 และ 80 กม./ชม.ของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าต่ำกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อย และมีค่าเท่ากันในบางจุดทดสอบ สำหรับที่ความเร็ว 90 และ 100 กม./ชม. ค่าควันดำของทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามภาระที่สูงขึ้น และรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าควันดำต่ำกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล

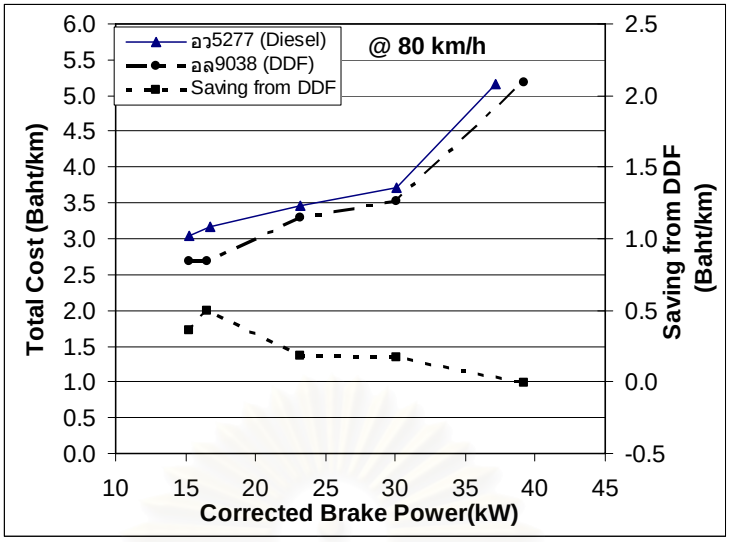
สรุปได้ว่าที่สภาวะภาระบางส่วน ค่าควันดำของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าน้อยกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล อาจเกิดจากอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลลดลงทำให้อัตราส่วน C/H ของเชื้อเพลิงลดลงมีผลให้ค่าควันดำลดลง

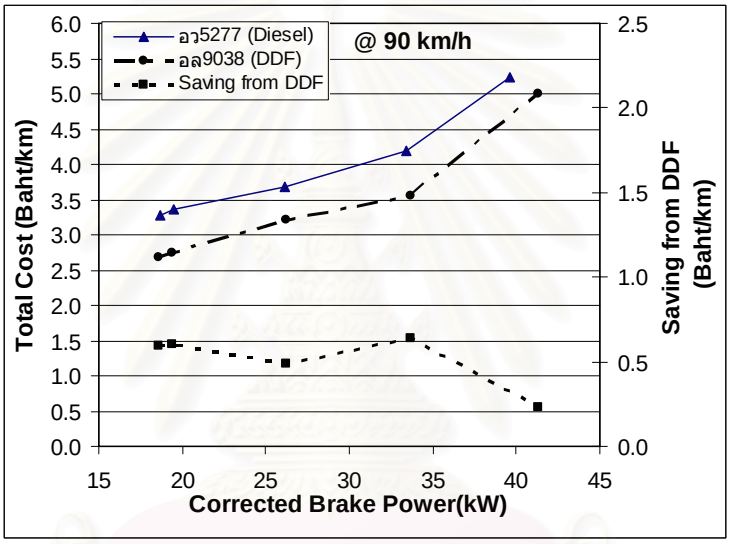
ฌ. **ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วน**

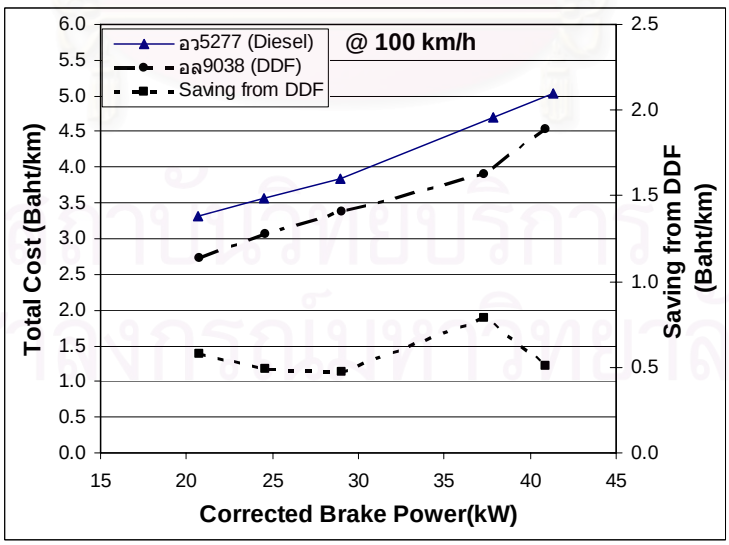
ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ สภาวะภาระบางส่วนของรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ โดยใช้ราคาน้ำมันดีเซล 25 บาท/ลิตร และราคาก๊าซธรรมชาติ 8.5 บาท/กิโลกรัม แสดงไว้ในรูปที่ 6-19



รูปที่ 6-19 แสดงผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ







รูปที่ 6-19 (ต่อ)แสดงผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

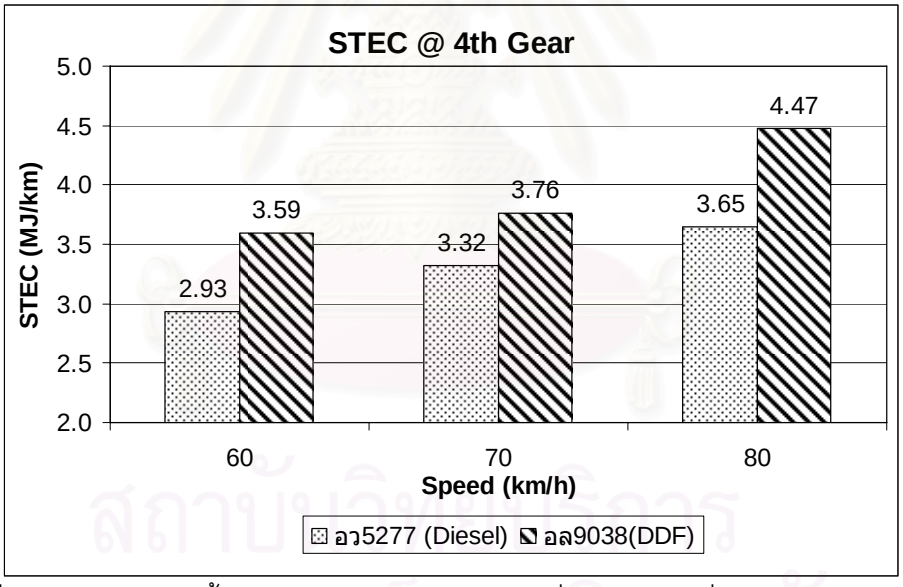
จากรูปที่ 6-19 แสดงผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ค่าต่างๆ ระหว่างรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลและรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทุกความเร็วและภาระที่ทำการทดสอบ ยกเว้นที่ความเร็ว 80 กม./ชม.สภาวะภาระสูงสุดที่มีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

6.1.2 ผลการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง

ผลการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเมื่อขับด้วยความเร็วคงที่ ในสภาวะแวดล้อมจริง ด้วยอัตราทดเกียร์ 4 และ 5

6.1.2.1 ผลของอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ในสภาวะแวดล้อมจริง

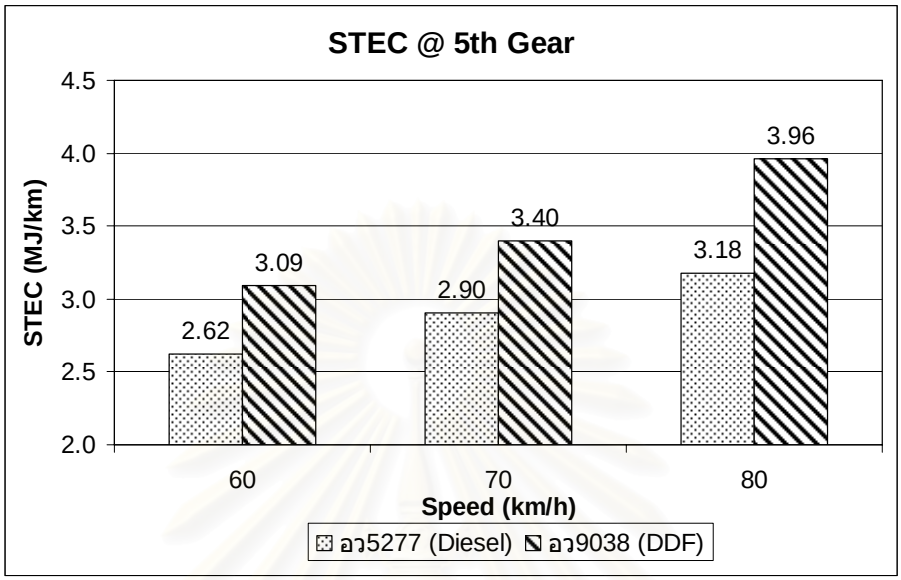
ผลของอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ ด้วยอัตราทดเกียร์ 4 ในสภาวะแวดล้อมจริงเมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-20



รูปที่ 6-20 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ ด้วยอัตราทดเกียร์ 4

จากรูปที่ 6-20 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ที่อัตราทดเกียร์ 4 ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจากการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล โดยมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร้อยละ 22.39, 13.42 และ 22.51 ที่ความเร็ว 60, 70 และ 80 กม./ชม.ตามลำดับ

ผลของอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ ด้วยอัตราทดเกียร์ 5 ในสภาวะแวดล้อมจริงเมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-21



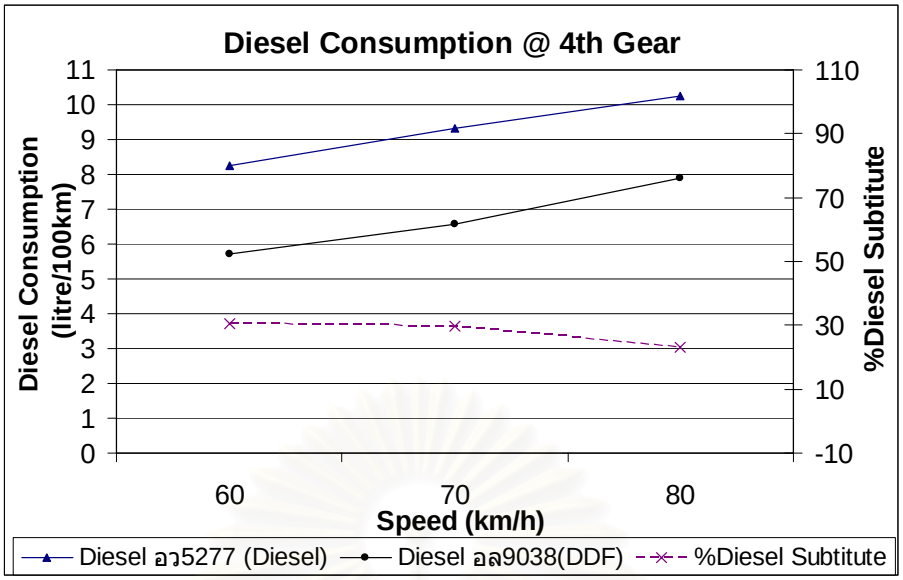
รูปที่ 6-21 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ ด้วยอัตราทดเกียร์ 5

จากรูปที่ 6-21 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่ความเร็วคงที่ที่อัตราทดเกียร์ 5 ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจากการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล โดยมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร้อยละ 18.04, 17.17 และ 24.45 ที่ความเร็ว 60, 70 และ 80 กม./ชม.ตามลำดับ

สรุปได้ว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล

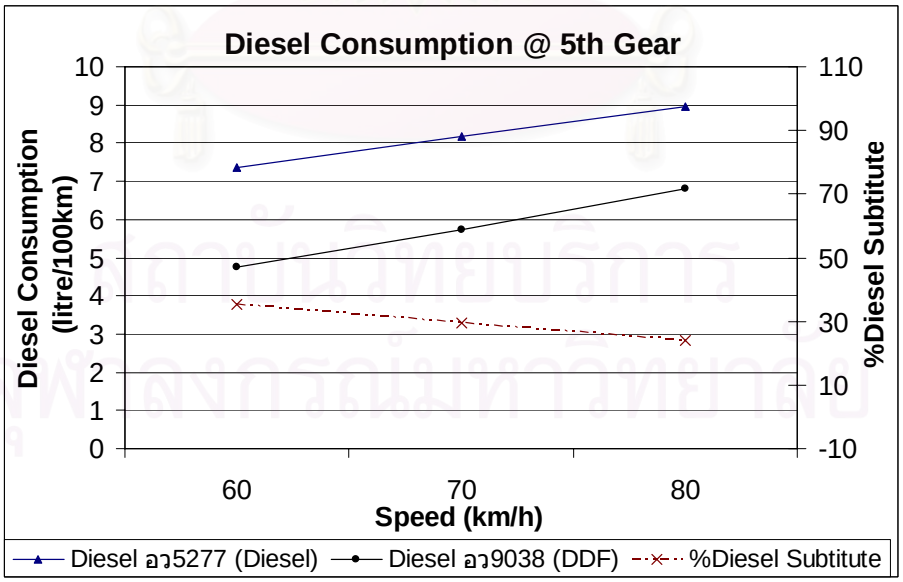
6.1.2.2 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่สภาวะความเร็วคงที่ ในสภาวะแวดล้อมจริง

ผลของอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่ ที่ความเร็วคงที่ด้วยอัตราทดเกียร์ 4 และ 5 ในสภาวะแวดล้อมจริงเมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-22 และ 6-23



รูปที่ 6-22 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่อัตราทดเกียร์ 4

จากรูปที่ 6-22 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลมีค่าสูงขึ้นตามความเร็วที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลและเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ อัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลมีค่าน้อยลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น โดยมีค่าร้อยละ 30.7, 29.56 และ 23.05 ที่ความเร็ว 60,70 และ 80 กม./ชม. ตามลำดับ



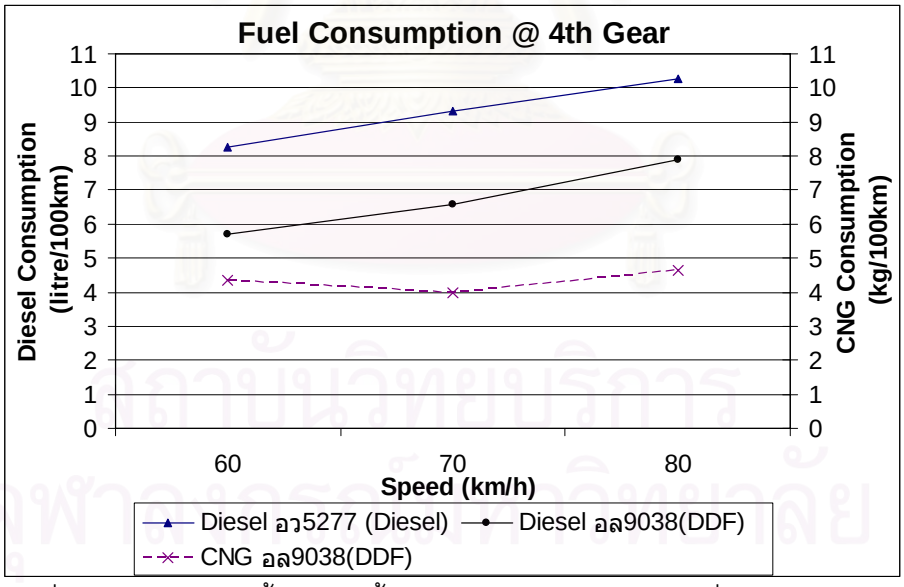
รูปที่ 6-23 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลที่อัตราทดเกียร์ 5

จากรูปที่ 6-23 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลมีค่าสูงขึ้นตามความเร็วที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลและเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ อัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลมีค่าน้อยลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น โดยมีค่าร้อยละ 35.52 ที่ความเร็ว 60 กม./ชม.มีค่าร้อยละ 29.64 ที่ความเร็ว 70 กม./ชม.มีค่าร้อยละ 23.89 ที่ความเร็ว 80 กม./ชม.

สรุปได้ว่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำมันดีเซลและเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ สำหรับอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นทั้งในอัตราทดเกียร์ 4 และ 5

6.1.2.3 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง

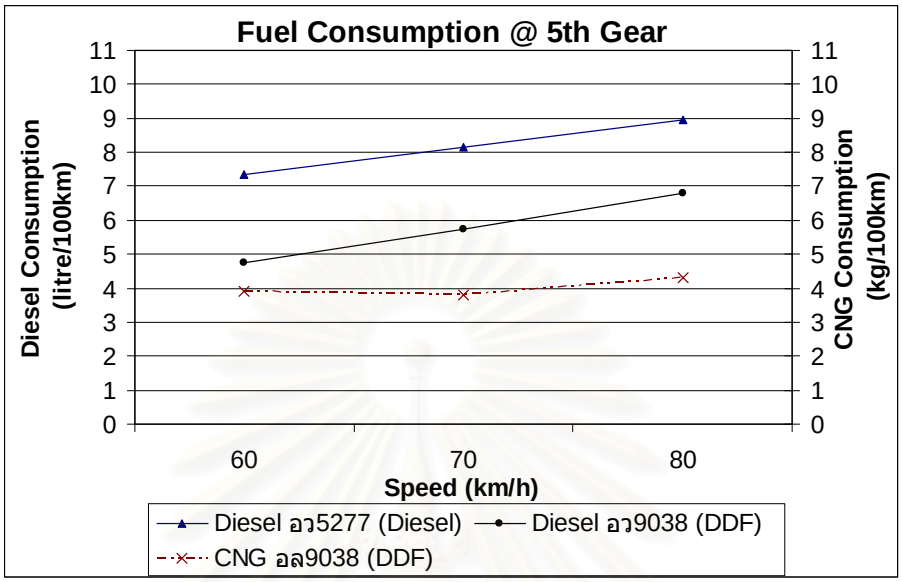
ผลของอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติ ที่ความเร็วคงที่ด้วยอัตราทดเกียร์ 4 และ 5 ในสภาวะแวดล้อมจริงเมื่อใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-24 และ 6-25



รูปที่ 6-24 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่อัตราทดเกียร์ 4

จากรูปที่ 6-24 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลมีค่าสูงขึ้นตามความเร็วที่เพิ่มขึ้น และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมัน

ดีเซล สำหรับอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติมีค่าอยู่ระหว่าง 4.36-4.66 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร ที่อัตราทดเกียร์ 4

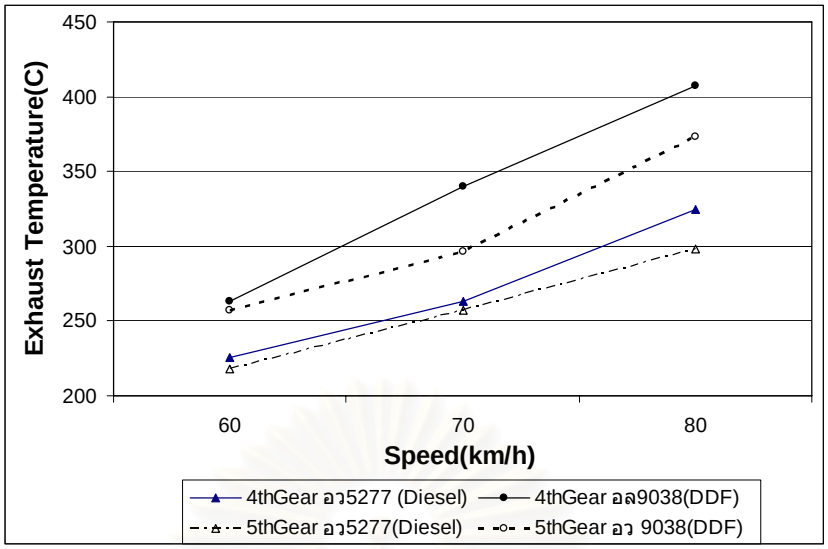


รูปที่ 6-25 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติที่อัตราทดเกียร์ 5

จากรูปที่ 6-25 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซล อัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติมีค่าอยู่ระหว่าง 3.93-4.31 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร ที่อัตราทดเกียร์ 5

6.1.2.4 **อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง**

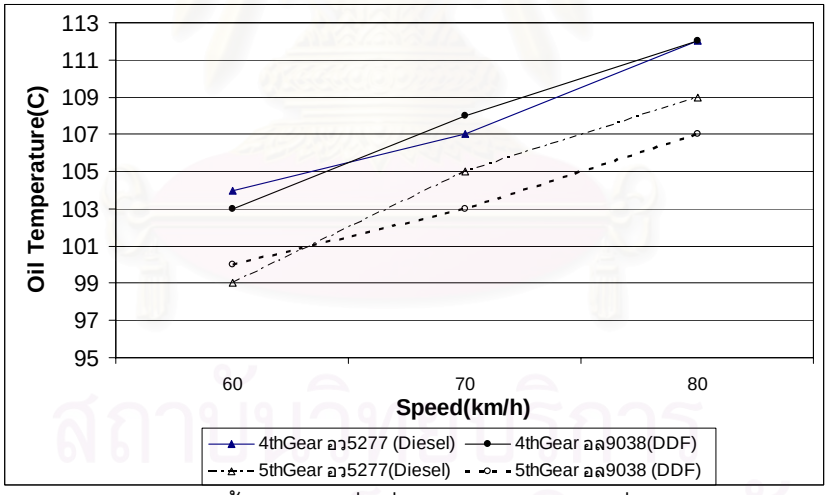
อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะความเร็วคงที่ ในสภาวะแวดล้อมจริง ที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-26 พบว่าอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลทุกความเร็วที่ทำการทดสอบ ทั้งในอัตราทดเกียร์ 4 และ 5



รูปที่ 6-26 แสดงอุณหภูมิไอเสียที่สภาวะความเร็วคงที่ ในสภาวะแวดล้อมจริง

6.1.2.5 **อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง**

อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง ที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-27

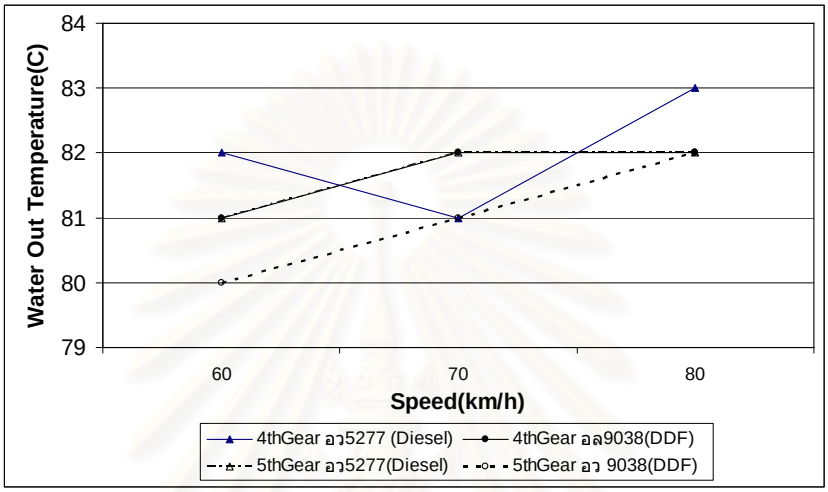


รูปที่ 6-27 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะความเร็วคงที่ ในสภาวะแวดล้อมจริง

จากรูปที่ 6-27 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่สภาวะความเร็วคงที่ พบว่าอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามความเร็วที่เพิ่มขึ้นทั้งในอัตราทดเกียร์ 4 และ 5 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่อัตราทดเกียร์ 4 และ 5 ระหว่างเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติกับเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างกันไม่เกิน 1 และ 2 ^{o}C ตามลำดับ

6.1.2.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะความเร็วคงที่ บนถนนจริง

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง ที่ได้จากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับ เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-28



รูปที่ 6-28 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะความเร็วคงที่ในสภาวะแวดล้อมจริง

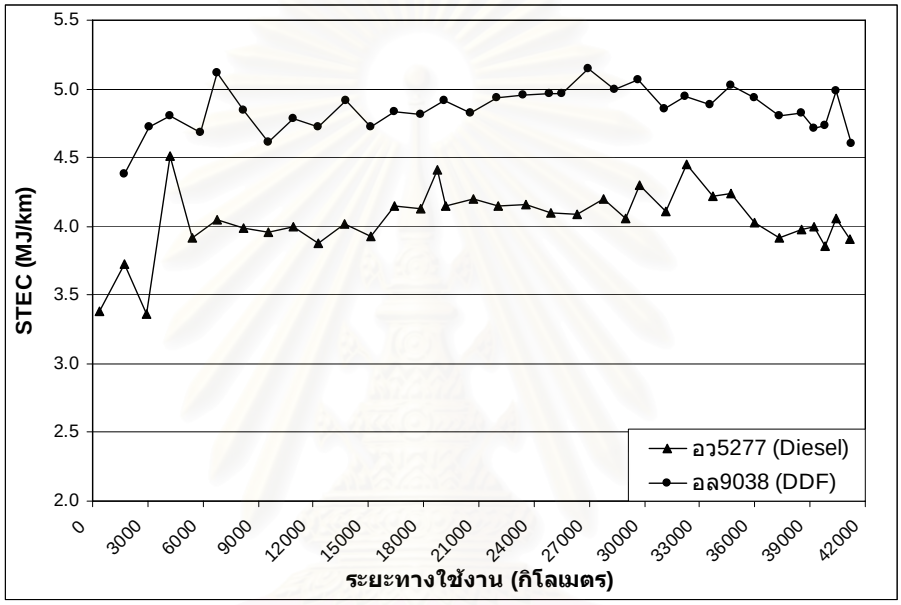
จากรูปที่ 6-28 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นออกจากเครื่องยนต์ที่สภาวะความเร็วคงที่ พบว่าที่อัตราทดเกียร์ 4 ในความเร็วเดียวกัน อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ มีค่าใกล้เคียงกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งแตกต่างกันไม่เกิน 1 $^{\circ}$C และในอัตราทดเกียร์ 5 ความเร็วเดียวกัน อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ มีค่าใกล้เคียงกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งแตกต่างกันไม่เกิน 1 $^{\circ}$C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.3 ผลการความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง

6.1.3.1 ผลของอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-29



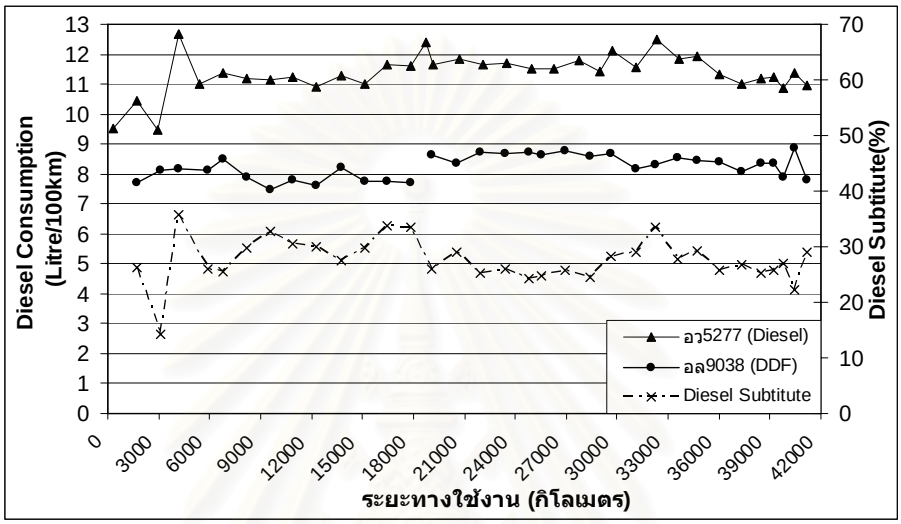
รูปที่ 6-29 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-29 แสดงอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล เปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติระหว่างการทดสอบความทนทาน พบว่าช่วงระยะทางทดสอบ 0-22000 กิโลเมตร อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะของทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในช่วง 22000-35000 กิโลเมตร อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะของทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มคงที่ และในช่วงท้ายของการติดตาม 35000-41200 กิโลเมตร อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะของทั้ง 2 เครื่องยนต์มีแนวโน้มลดลงและมีค่าใกล้เคียงกับช่วงแรกของการทดสอบ

สรุปได้ว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มเช่นเดียวกันตลอดการทดสอบความทนทาน

6.1.3.2 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-30



รูปที่ 6-30 แสดงค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและค่าร้อยละอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซล ระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-30 พบว่าช่วง 0-18000 กิโลเมตรของการติดตาม อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.04 ลิตร/100 กิโลเมตร เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าเฉลี่ย 7.91ลิตร/100 กิโลเมตร มีอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลเฉลี่ยร้อยละ 28.86

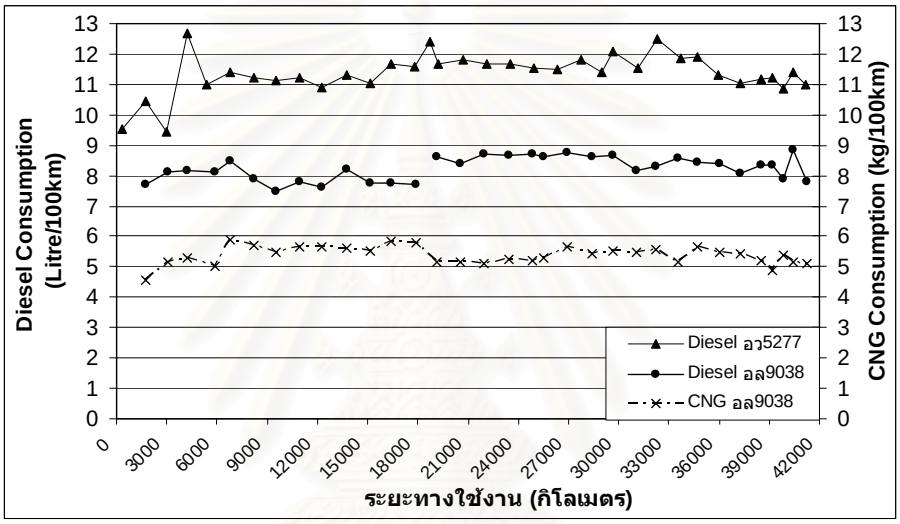
ช่วง 18000-36000 กิโลเมตร อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ทั้งสองมีค่าสูงขึ้น โดยเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าเฉลี่ย 11.78 ลิตร/100 กิโลเมตร เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าเฉลี่ย 8.55 ลิตร/100 กิโลเมตร มีอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลเฉลี่ยร้อยละ 27.09

ช่วง 36000-42000 กิโลเมตร อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าเฉลี่ย 11.11 ลิตร/100 กิโลเมตร เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าเฉลี่ย 8.22 ลิตร/100กิโลเมตร มีอัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลเฉลี่ยร้อยละ 26.02

สรุปได้ว่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีแนวโน้มเช่นเดียวกันตลอดช่วงการทดสอบ

6.1.3.3 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-31



รูปที่ 6-31 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

จากรูปที่ 6-31 แสดงค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่าอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดสอบอยู่ในช่วง 4.57-5.88 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ย 5.38 กิโลกรัม/100 กิโลเมตร

6.1.3.4 อุณหภูมิไอเสียระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

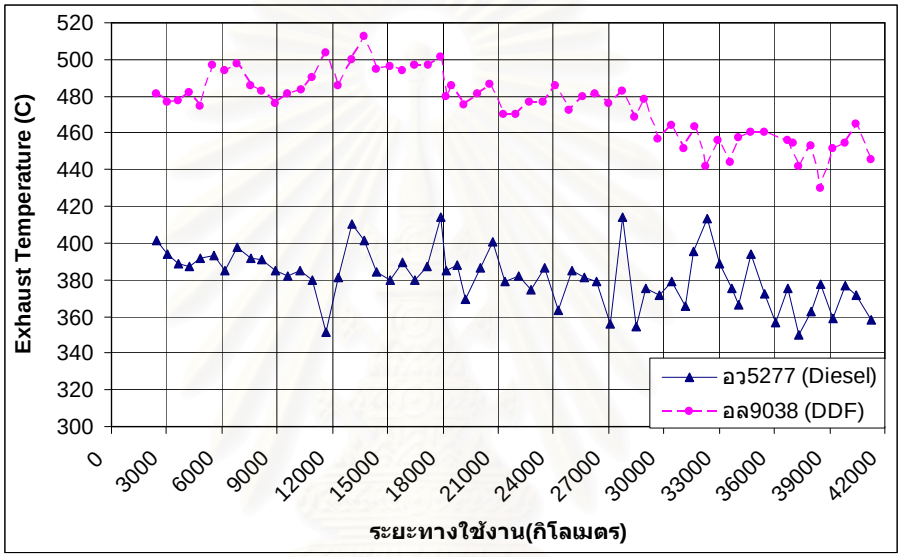
อุณหภูมิไอเสียระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-32

จากรูปที่ 6-32 พบว่า อุณหภูมิไอเสียเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลตลอดการทดสอบ

ช่วง 0-13000 กิโลเมตร อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าเฉลี่ย 388 °C และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าเฉลี่ย 486 °C

ช่วง 13000-18000 กิโลเมตร อุณหภูมิไอเสียแครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าเฉลี่ย 390 °C และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าเฉลี่ย 499 °C

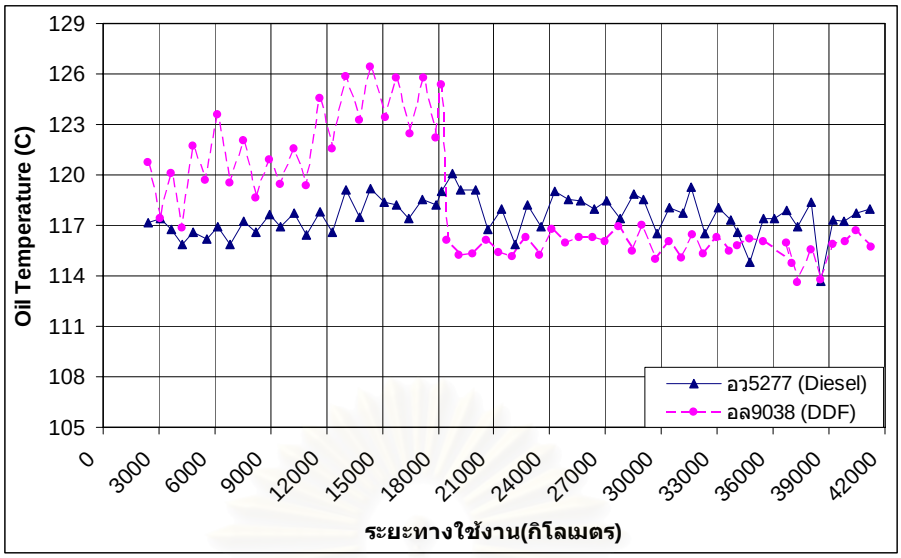
ช่วง 18000-42000 กิโลเมตร อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ทั้งสองมีแนวโน้มลดลง เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าระหว่าง 350-414 °C และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าระหว่าง 429-486 °C



รูปที่ 6-32 แสดงอุณหภูมิไอเสียระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

6.1.3.5 อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-33

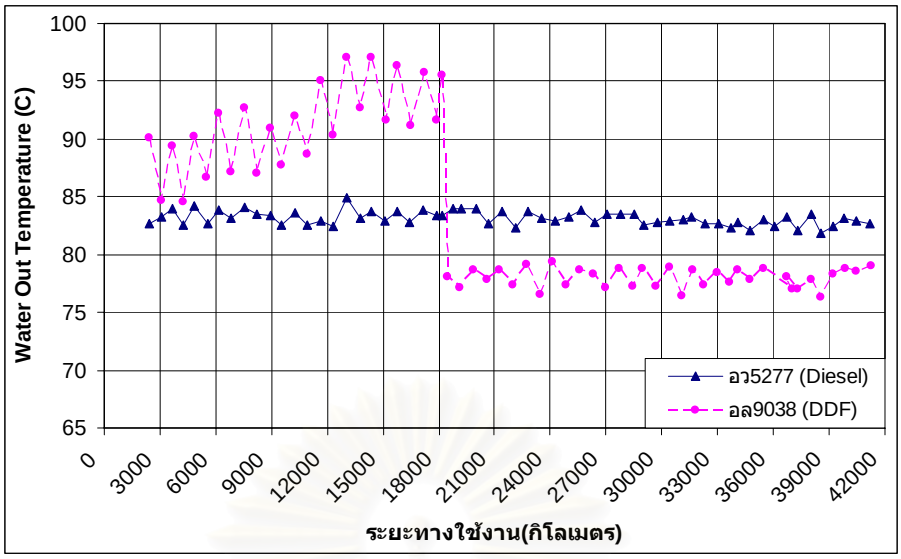


รูปที่ 6-33 แสดงอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทานพบว่า 12000 กิโลเมตรแรกของการติดตาม อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ทั้งสองมีแนวโน้มคงที่ โดยเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีอุณหภูมิเฉลี่ย 120 และ 117 ^{o}C ตามลำดับ และในช่วง 12000-18000 กิโลเมตร ของการติดตาม อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ทั้งสองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมีอุณหภูมิเฉลี่ย 124 และ 118 ^{o}C ตามลำดับ และได้ทำการเปลี่ยนหม้อน้ำของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่ระยะทาง 18113 กิโลเมตรของการติดตาม เนื่องจากอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ขณะเดินเบามีอุณหภูมิสูงเกิน 110 ^{o}C และระบบน้ำหล่อเย็นจะระบายน้ำออกจากระบบที่อุณหภูมิประมาณ 115 ^{o}C หลังจากเปลี่ยนหม้อน้ำอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ กับเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลมีอุณหภูมิเฉลี่ย 116 และ 118 ^{o}C ตามลำดับ มีค่าต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยเฉลี่ย 2 ^{o}C

6.1.3.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ระหว่างการทดสอบความทนทาน แสดงในรูปที่ 6-34



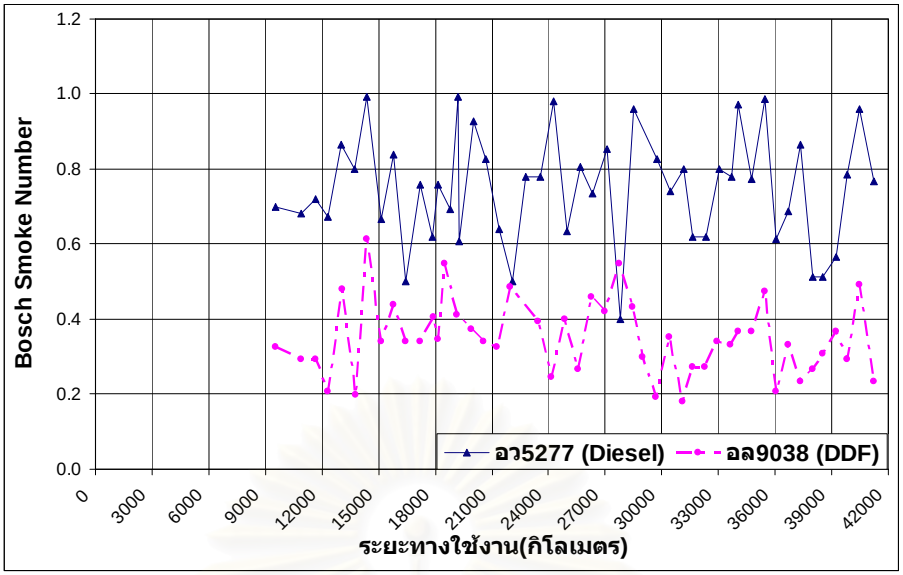
รูปที่ 6-34 แสดงอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานพบว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มคงที่ และมีอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเฉลี่ย 83 °C ตลอดการทดสอบ สำหรับเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ 5000 กิโลเมตรแรกของการติดตามอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ทั้งสองมีแนวโน้มคงที่ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 88 °C สูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล 5 °C และในช่วง 5000-12000 กิโลเมตร แนวโน้มของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น มีอุณหภูมิเฉลี่ย 90 °C สูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล 7 °C ส่วนในช่วง 12000-18000 กิโลเมตร อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นมีค่าเฉลี่ย 93 °C สูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล 10 °C หลังจากเปลี่ยนหม้อน้ำอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นมีค่าเฉลี่ย 78 °C ต่ำกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล 5 °C

6.1.3.7 ค่าควันดำระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

ค่าควันดำระหว่างทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ 6-35 พบว่า ค่าควันดำของทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มคงที่ตลอดการติดตาม และค่าควันดำเมื่อใช้น้ำมันดีเซลมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ โดยมีค่าเฉลี่ย 0.75 และ 0.35 BSN ตามลำดับ

สรุปได้ว่า แนวโน้มค่าควันดำของทั้งสองเครื่องยนต์ตลอดการทดสอบความทนทานมีแนวโน้มคงที่ โดยเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าควันดำต่ำกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลตลอดการทดสอบ



รูปที่ 6-35 แสดงค่าควันดำระหว่างการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

6.1.3.8 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

ผลจากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน โดยส่วนแรกแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันหล่อลื่น ส่วนที่สองเป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น ส่วนที่สามแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารปรุงแต่งในน้ำมันหล่อลื่น และส่วนที่สี่แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของโลหะจากการสึกหรอ

ในการวิเคราะห์จะแสดงค่าตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานระยะทางที่ 0 ถึง 41200 กิโลเมตร ผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นที่สุ่มได้ในแต่ละครั้งได้มีการเปรียบเทียบกับค่าขอบเขตการเตือนสิ่งผิดปกติซึ่งแบ่งออกเป็น 2 คือ ระดับ “C” – Caution ซึ่งเป็นระดับเตือนขั้นเริ่มต้นถึงความผิดปกติต่อน้ำมันหล่อลื่นที่ควรเริ่มติดตามและเอาใจใส่ และระดับ “A”- Abnormal (หรือ Critical) ซึ่งเป็นระดับการเตือนขั้นวิกฤตซึ่งแสดงถึงสภาพน้ำมันหล่อลื่นหรือการสึกหรอของเครื่องจักรอยู่ในขอบเขตที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรได้ ขอบเขตการเตือนสิ่งผิดปกติทั้งสองระดับนี้อ้างอิงและกำหนดจากหลักสถิติที่สะสมจากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ลักษณะเดียวกันเป็นจำนวนมาก

ก. ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นและปริมาณการปนเปื้อน

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นจะส่งผลต่อความสามารถในการหล่อลื่นและสมรรถนะของเครื่องยนต์ คุณสมบัติที่สนใจจะติดตามผลในช่วงการทดสอบความทนทานประกอบด้วย ผลของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 °C, ค่าออกซิเดชัน, ค่าไนเตรชัน, ค่าความเป็นด่างรวม, ค่า ZDDP, และค่า RULER ดังแสดงในรูปที่ 6-36 ค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของน้ำ, เขม่า, เชื้อเพลิง, และซิลิคอน ดังแสดงในรูปที่ 6-37 ซึ่งเป็นการแสดงค่าเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล กับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ ในระยะทางใช้งานของเครื่องยนต์ตลอดช่วงการทดสอบต่อความทนทาน โดยช่วงเวลาที่พิจารณาสามารถแบ่งเป็น 10 ช่วง ดังแสดงในตารางที่ 6-1 การแบ่งช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็นช่วงระยะทางตามการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ค่าเริ่มต้นของแต่ละช่วงคือระยะทางการทำงานที่ 0 , 3000, 6000, 9500, 15000, 20600, 25000, 29000, 33700 และ 38000 กิโลเมตรตามลำดับ แสดงด้วยค่าที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นใหม่

ตารางที่ 6-1 แสดงช่วงการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นตลอดการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลในรถตู้

ช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น	ระยะทาง (กิโลเมตร)	อายุน้ำมันหล่อลื่น (กิโลเมตร)
1	0 - 3000	3000
2	3000 - 6000	3000
3	6000 - 9500	3500
4	9500 - 15000	5500
5	15000 - 20600	5600
6	20600 - 25000	5400
7	25000 - 29000	4000
8	29000 - 33700	4700
9	33700 - 38000	4300
10	38000 - 41200	3200

- **ค่าความหนืดที่ 100 °C** จากผลทดสอบพบว่าคุณสมบัติของค่าความหนืดที่ 100 °C ของน้ำมันหล่อลื่นมีค่าสูงขึ้นตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น ในกรณีของเครื่องยนต์น้ำมันดีเซลพบว่าค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายยังไม่เกินระดับการเตือนขั้นต้นหรือที่ 16.4 cSt โดยมีค่าสูงสุดที่ 16.22 cSt ในช่วงระยะทาง 15000-20000 กิโลเมตร สำหรับน้ำมันหล่อลื่นใหม่จะมีค่า

ความหนืดอยู่ที่ 14.9 cSt และในกรณีของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติจะมีค่าความหนืดสูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลตลอดช่วงการทดสอบและเมื่อพิจารณาตามอายุของน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ พบว่า

- ช่วงระยะทางที่ 0-9500 กิโลเมตร ค่าความหนืดมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเพียงเล็กน้อย และมีค่าไม่เกินระดับการเตือนขั้นต้น
- ช่วงระยะทางที่ 9500-15000 กิโลเมตร มีค่าความหนืดสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และมีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้นหรือที่ค่าความหนืด 16.4 cSt ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 4200 กิโลเมตร
- ช่วงระยะทางที่ 15000-20000 กิโลเมตร มีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้น ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 3000 กิโลเมตร และมีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤตที่อายุน้ำมันประมาณ 4000 กิโลเมตร
- ช่วงระยะทางที่ 20000-25000 กิโลเมตร มีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้น ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 2800 กิโลเมตร และมีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤตที่อายุน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 4300 กิโลเมตร
- ช่วงระยะทางที่ 25000-29000 กิโลเมตร มีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้นที่อายุของน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 2844 กิโลเมตร มีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นวิกฤตที่อายุน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 3500 กิโลเมตร
- ช่วงระยะทางที่ 29000-34000 กิโลเมตร มีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้นที่อายุของน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 4000 กิโลเมตร
- ช่วงระยะทางที่ 34000-38000 กิโลเมตร มีค่าความหนืดเกินระดับการเตือนขั้นต้น ที่อายุของน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 4394 กิโลเมตร
- ช่วงระยะทางที่ 38000-41227 กิโลเมตร มีค่าความหนืดไม่เกินระดับการเตือนขั้นต้น

- **ค่าออกซิเดชัน และไนเตรชัน** พบว่าค่าออกซิเดชันและไนเตรชันของทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติจะมีค่าออกซิเดชันและไนเตรชันสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ยกเว้นในช่วงระยะทาง 0-3000 กิโลเมตร ค่าออกซิเดชันและไนเตรชันของเครื่องยนต์ทั้งสองจะมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากโดยปกติแล้วทุกๆ 10 $^{\circ}$C ที่เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นที่เกินกว่า 70 $^{\circ}$C อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มเป็น 2 เท่า อีกทั้งอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สูงกว่าจากการใช้เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล สอดคล้องกับค่าอุณหภูมิไอเสียที่สูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล อาจทำให้ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้มากกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลโบลบายลงไปยังอ่างน้ำมันเครื่อง เป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าไนเตร

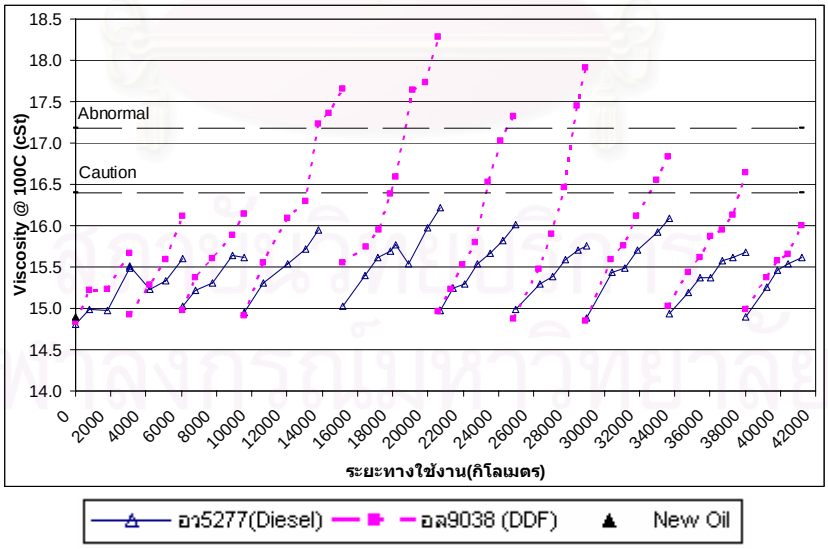
ชันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล อีกทั้งแนวโน้มการเพิ่มออกซิเดชันและไนเตรชันทำให้แนวโน้มของค่าความหนืดเพิ่มขึ้น

- **ค่า TBN** พบว่าค่า TBN ของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าลดลงเล็กน้อยในช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นที่ 1,2,3,7 และ 9 สำหรับช่วงอื่นๆไม่สามารถสรุปแนวโน้มที่แน่นอนได้ ค่า TBN ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอนในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น

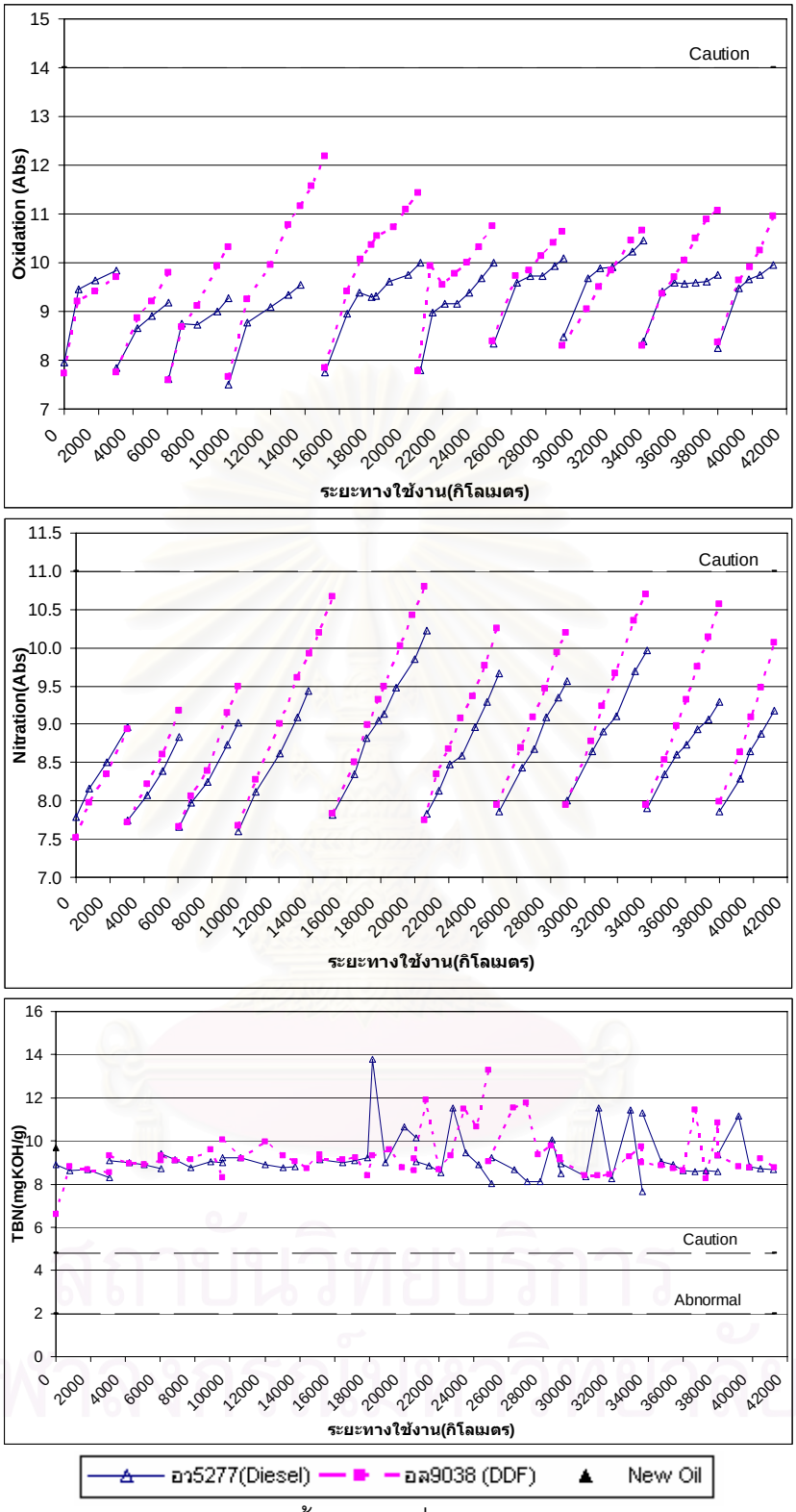
- **ค่า ZDDP** พบว่าค่า ZDDP จากเครื่องยนต์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงตามอายุการใช้งานในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น

- **ค่า RULER** แสดงค่าเป็นค่าร้อยละของปริมาณสารปรุงแต่งยับยั้งการเกิดออกซิเดชันที่ยังเหลืออยู่เทียบกับน้ำมันใหม่ พบว่าค่า RULER ของทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มลดลงตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์จากการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่า RULER ต่ำกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลตลอดการทดสอบ ยกเว้นในช่วงที่ 1 ของการเปลี่ยนถ่ายที่มีค่าใกล้เคียงกัน

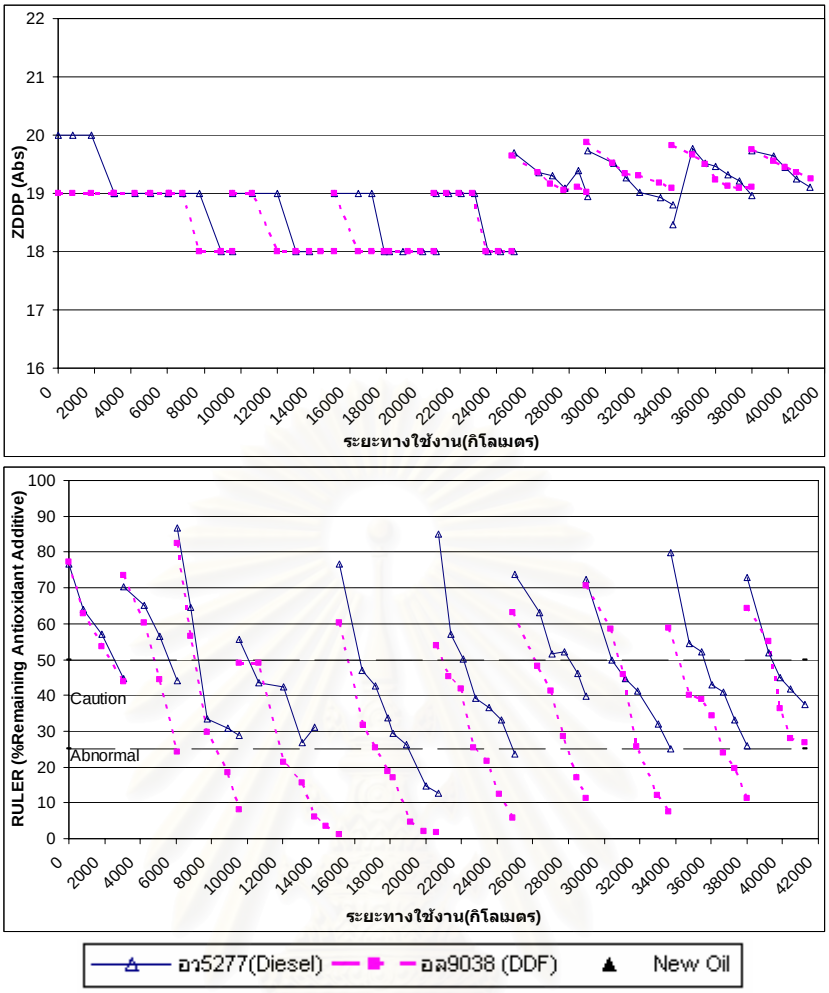
ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติซึ่งมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะที่สูงกว่าเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงดีเซล ทำให้ภาระของน้ำมันหล่อลื่นระหว่างการทำงานมีค่าสูงกว่าจึงส่งผลต่อโครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำมันเร็วกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งสอดคล้องกับค่าออกซิเดชันและไนเตรชันที่สูงกว่าของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 6-36 แสดงค่าคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 6-36 (ต่อ)แสดงค่าคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 6-36 (ต่อ)แสดงค่าคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

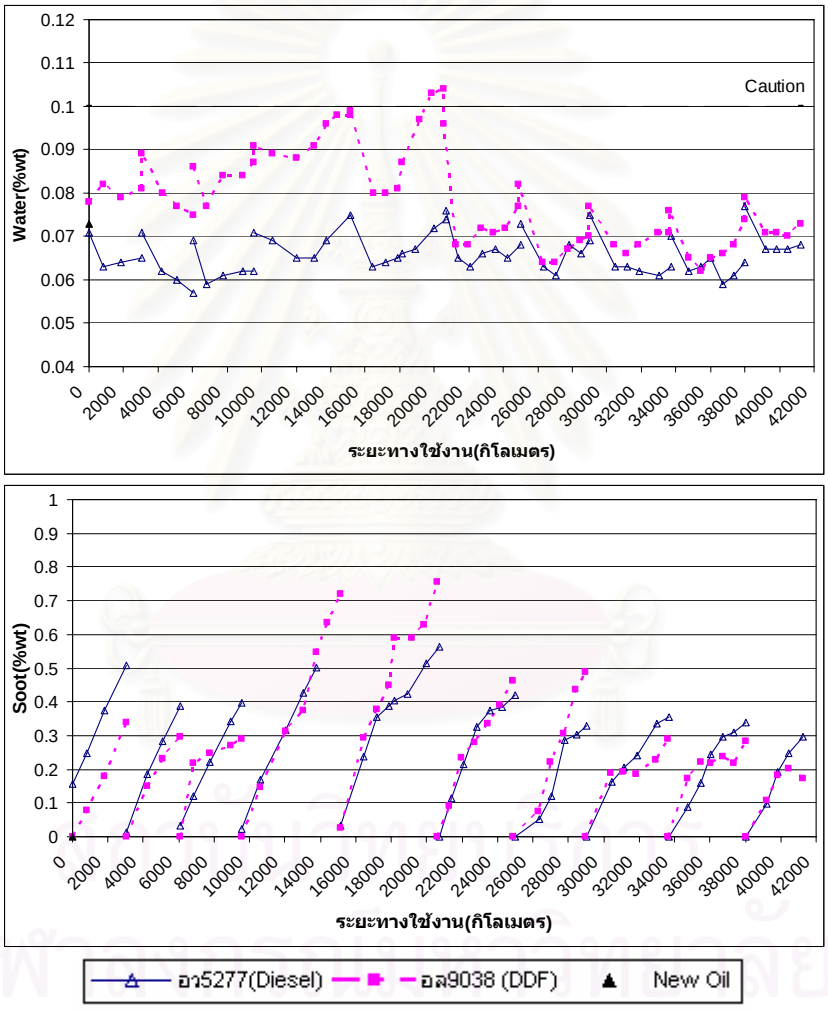
- **ค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของน้ำ** เครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มคงที่ตลอดการใช้งาน ซึ่งแสดงว่าไม่มีปริมาณน้ำเข้ามายังระบบหล่อลื่นและห้องเผาไหม้ สำหรับเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 0-20600 กิโลเมตร มีปริมาณน้ำถึงระดับเตือนภัยขั้นต้นในช่วงระยะทาง 9500-15000 และ 15000-20600 กิโลเมตร และมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล ในช่วง 20600-41200 กิโลเมตร

- **ค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเขม่า** มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น โดยเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ยกเว้นในช่วงระยะทาง 15000-20600 กิโลเมตร มีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลเล็กน้อย และในช่วงระยะทาง 20600-29000 กิโลเมตร มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล เครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงสุดในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นระหว่าง

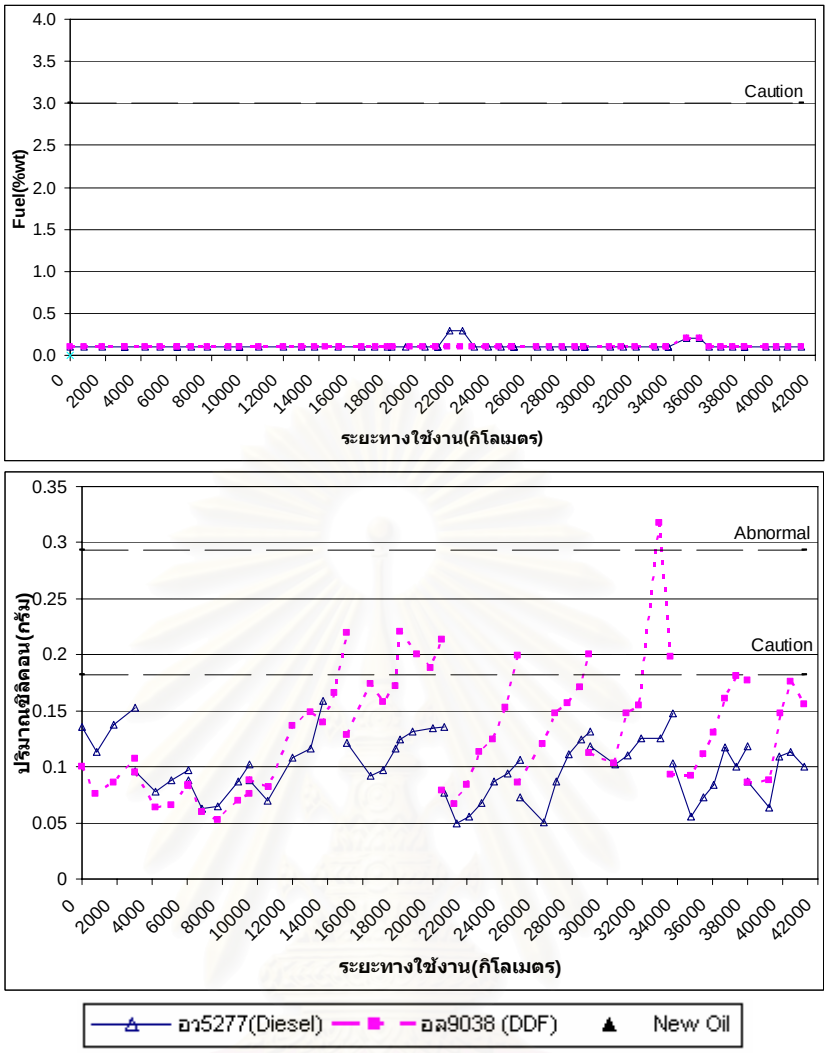
ร้อยละ 0.29-0.76 เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลซึ่งมีค่าสูงสุดในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนถ่ายระหว่างร้อยละ 0.3-0.56

- **ค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อเพลิง** ที่พบในเครื่องยนต์ทั้งสองมีค่าคงที่ตลอดการใช้งาน ซึ่งแสดงว่าไม่มีปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ามายังระบบหล่อลื่น

- **ปริมาณซิลิกอน** ที่พบในเครื่องยนต์ทั้งสองในช่วง 0-15000 กิโลเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน จากนั้นในช่วง 15000-41200 กิโลเมตร ปริมาณซิลิกอนที่พบในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล



รูปที่ 6-37 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถตู้



รูปที่ 6-37 (ต่อ)แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถตู้

ข. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะจากการสึกหรอ

ปริมาณธาตุโลหะที่เกิดขึ้นมาจากส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ ซึ่งโดยทั่วไปจะมาจากชิ้นส่วนต่างๆ ดังนี้

เหล็ก - กระบอกสูบ , แหวนลูกสูบ , ลูกสูบ(เป็นส่วนผสมระหว่างเหล็กกับอลูมิเนียม), เพลาข้อเหวี่ยง, ก้านสูบ, เพลาลูกเบี้ยว, วาล์ว

โครเมียม - เคลือบผิวแหวนลูกสูบ ชิ้นส่วนเพลาหรือกระบอกสูบ

ตะกั่ว - แบริ่งก้านสูบ , บุชก้านสูบ

ทองแดง - แบริ่งก้านสูบ , บุชก้านสูบ

อลูมิเนียม - ลูกสูบ

นิกเกิล - ก้านวาล์ว , บ่าวาล์ว

ผลของปริมาณเหล็ก,โครเมี่ยม ตะกั่ว,ทองแดง,ดีบุก, อลูมิเนียม และนิกเกิล สะสมในน้ำมันหล่อลื่นในหน่วยกรัม แสดงในรูปที่ 6-38 พบว่า

- **ปริมาณเหล็ก** มีค่าสูงขึ้นตามอายุของน้ำมันหล่อลื่นในทั้ง 2 เครื่องยนต์ ปริมาณเหล็กจากเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ และมีค่าสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัดในช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นที่ 5, 6 และ 8-10

- **ปริมาณโครเมียม** มีค่าไม่แน่นอนในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายของทั้งสองเครื่องยนต์

- **ปริมาณตะกั่ว** สะสมมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น ปริมาณตะกั่วสะสมในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ยกเว้นในช่วงที่ 4 และ 5 ของการเปลี่ยนถ่าย ปริมาณตะกั่วที่พบในเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าช่วงอื่นของการเปลี่ยนถ่าย และในช่วงการเปลี่ยนถ่ายที่ 5 มีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลมากกว่าช่วงอื่นของการเปลี่ยนถ่าย อาจเกิดจากการสึกหรอแบบขูดขีดบริเวณแบริ่งก้านสูบกับเพลาข้อเหวี่ยงจากซิลิกอนที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น สอดคล้องกับปริมาณเหล็กที่พบในช่วงการเปลี่ยนถ่ายที่ 4 และ 5 ที่มีอัตราการเพิ่มสูงกว่าช่วงอื่นของการเปลี่ยนถ่าย

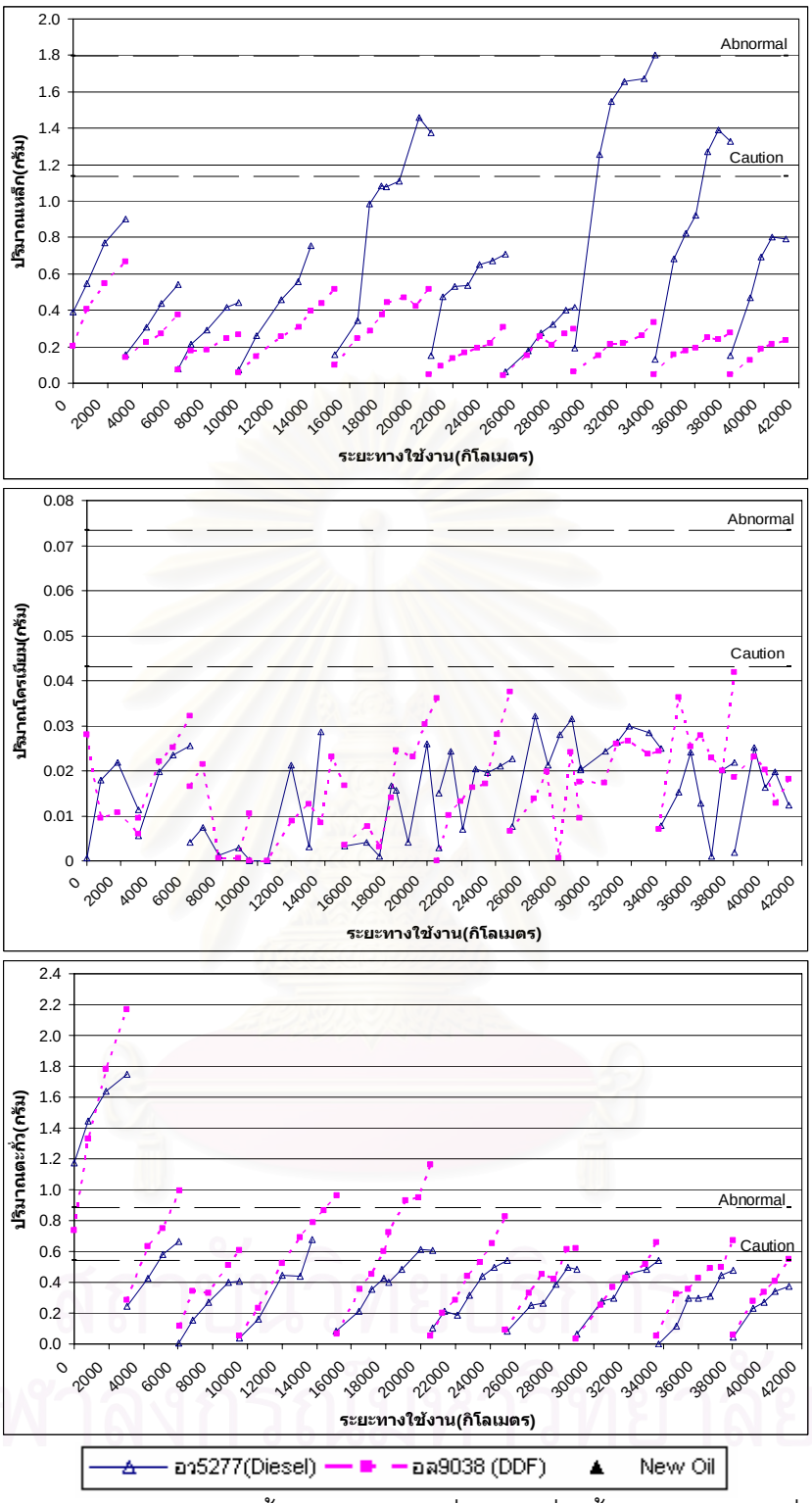
- **ปริมาณทองแดง** สะสมของทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น

- **ปริมาณดีบุก** สะสมจากทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มไม่แน่นอนในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นของ

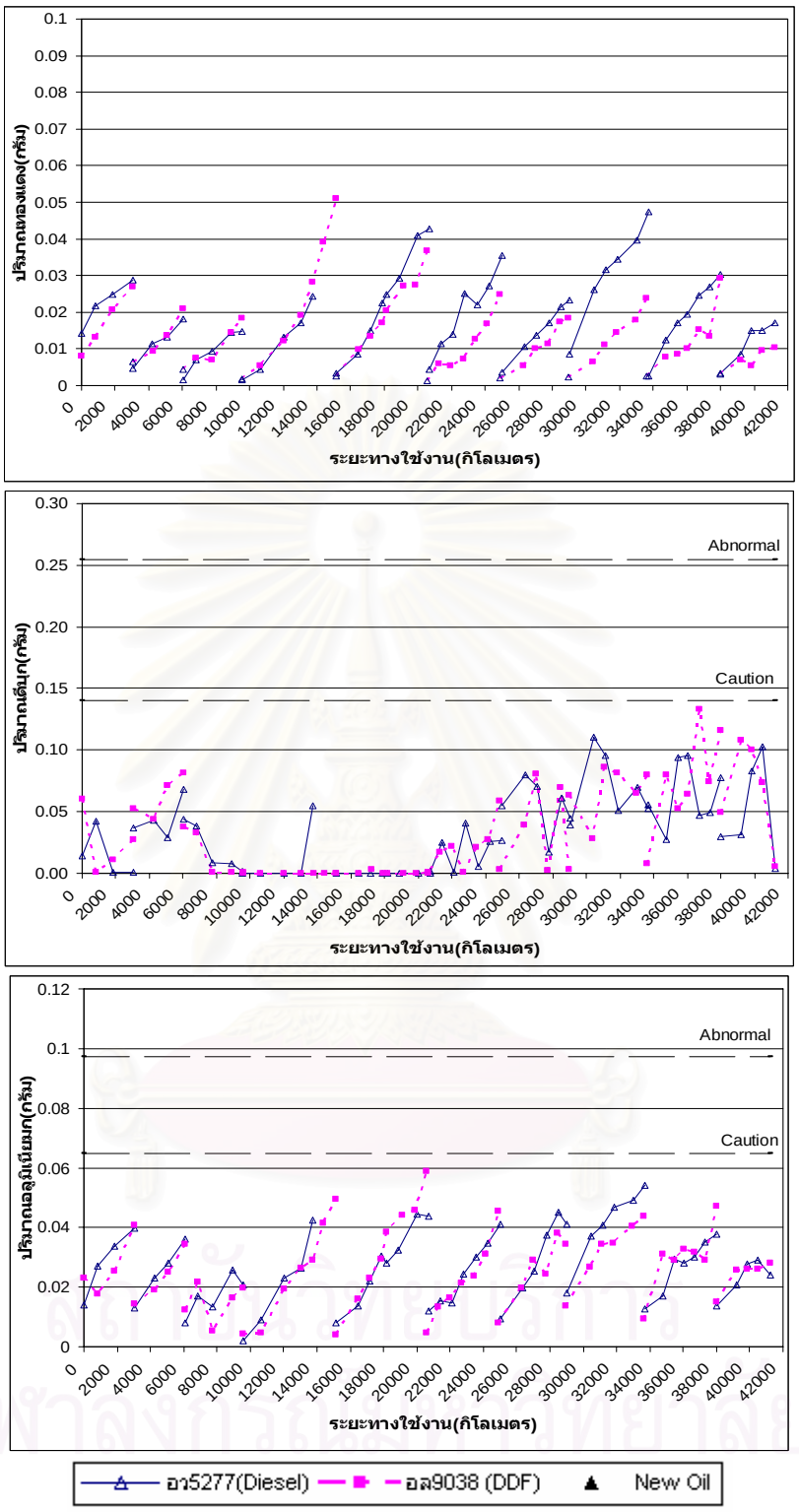
- **ปริมาณอลูมิเนียม**สะสมของทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มสูงขึ้นในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น

- **ปริมาณนิกเกิล** มีแนวโน้มไม่แน่นอนในแต่ละช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นของทั้งสองเครื่องยนต์

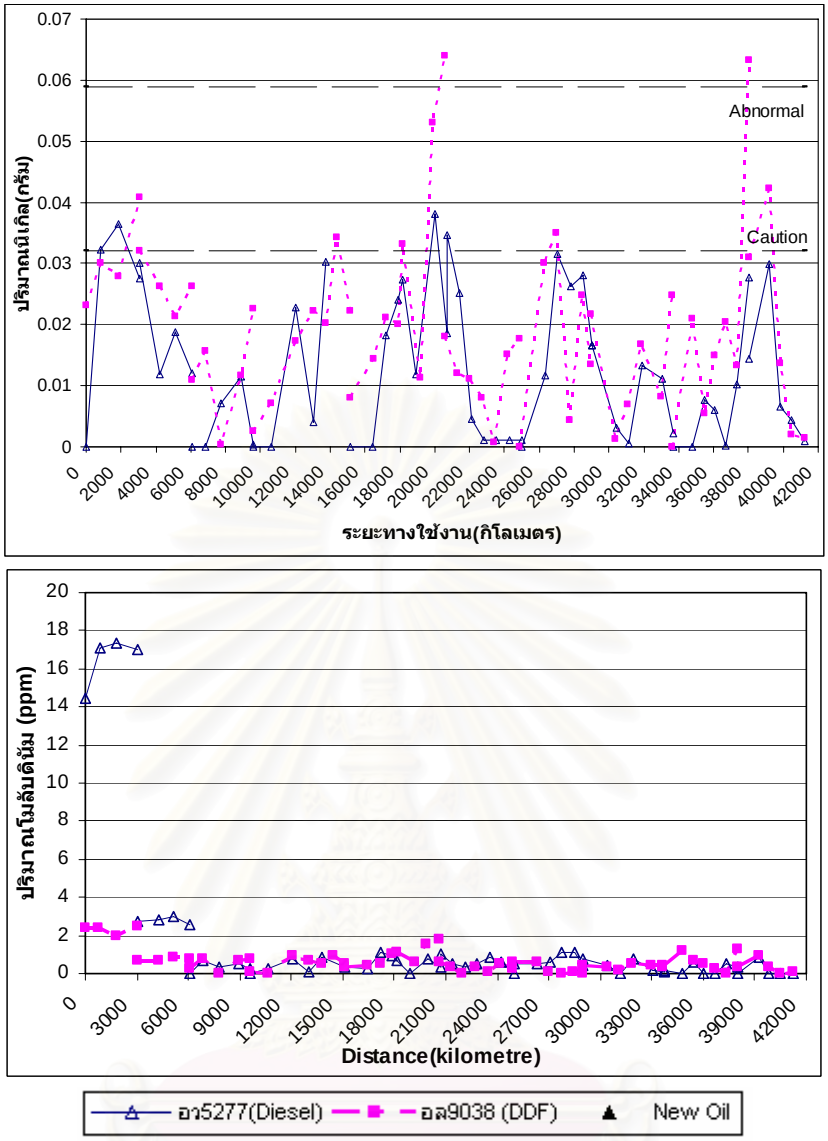
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-38 แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์



รูปที่ 6-38 (ต่อ)แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์



รูปที่ 6-38 (ต่อ)แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

จากผลปริมาณโลหะสะสมจากการสึกหรอ สรุปได้ว่าปริมาณโลหะจากการสึกหรอที่พบในทั้งสองเครื่องยนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ค. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเติมแต่ง

ผลของปริมาณสารเติมแต่งที่พบในน้ำมันหล่อลื่น แสดงในรูปที่ 6-39 พบว่า

- **ปริมาณโบรอน** จากทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าลดลงตามอายุของน้ำมันหล่อลื่น

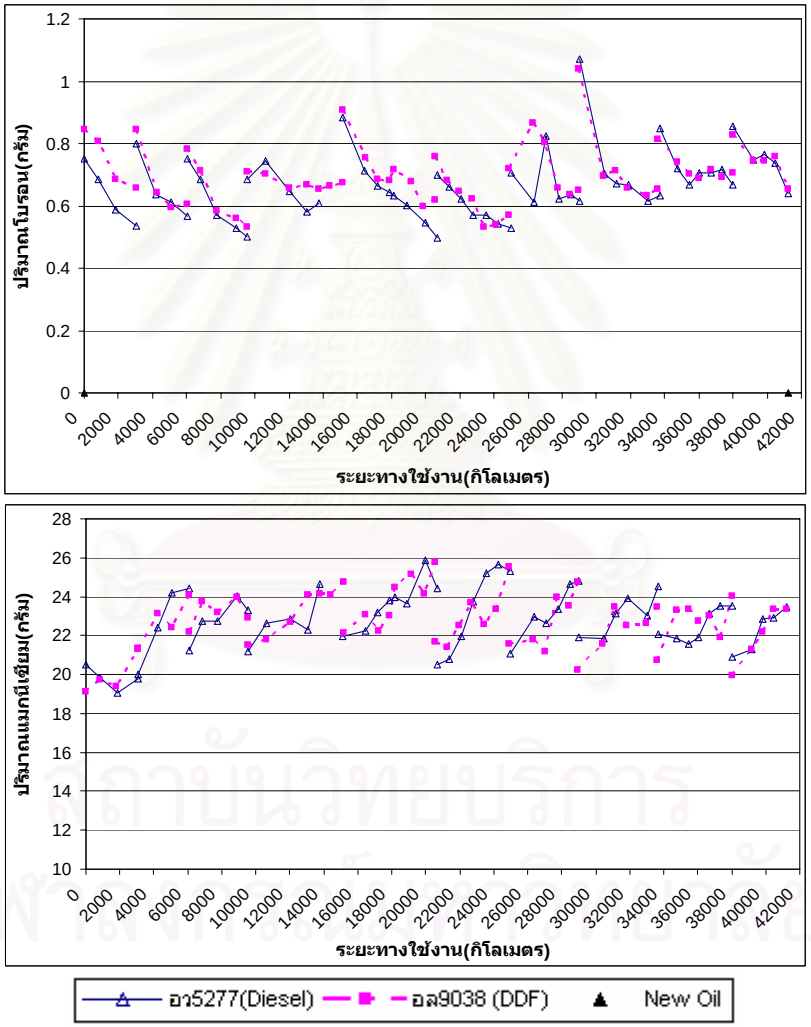
- **ปริมาณแมกนีเซียม** จากทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มคงที่ตลอดการทดสอบ

- **ปริมาณแคลเซียม** จากทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุน้ำมันหล่อลื่น

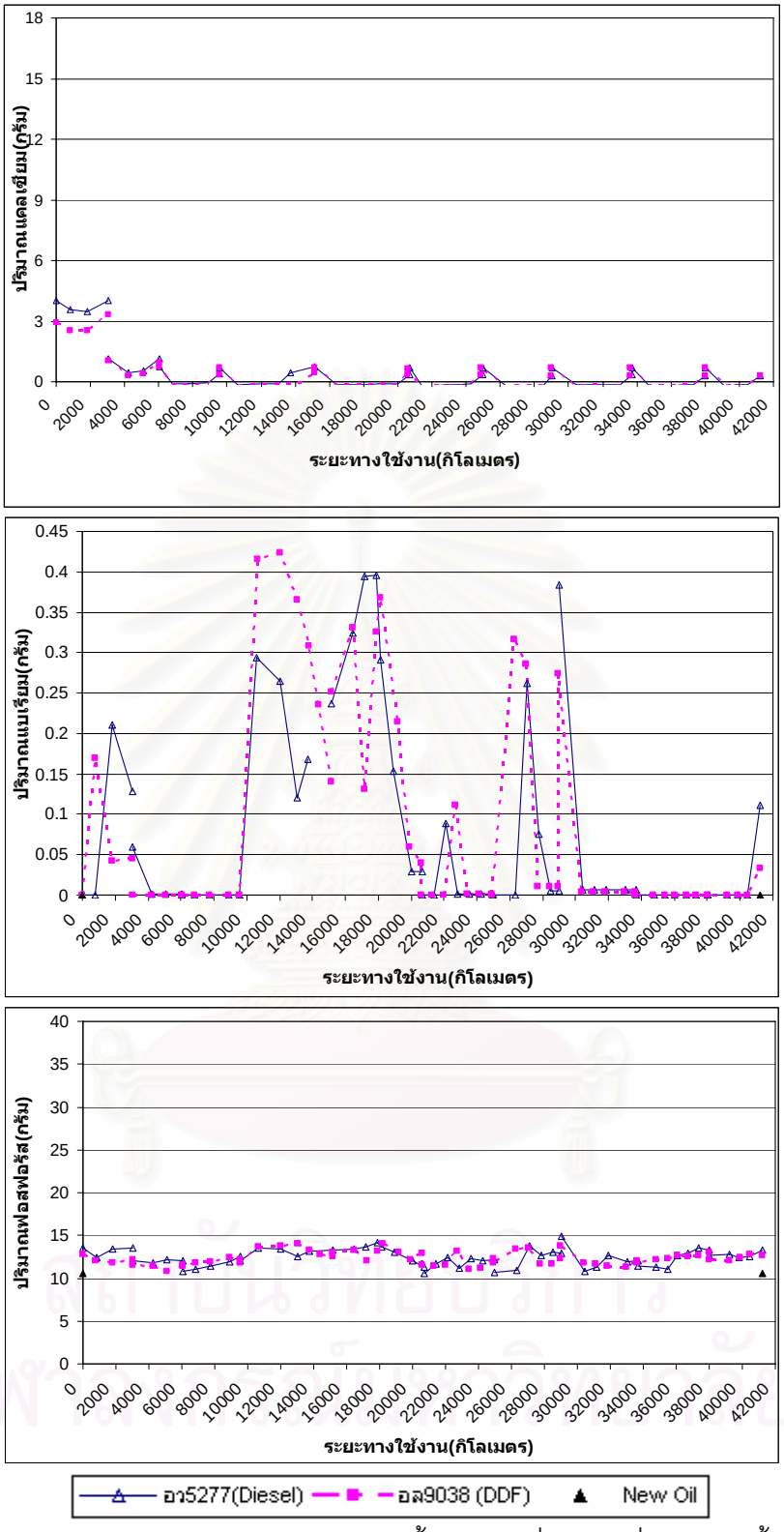
- **ปริมาณแบเรียม** จากทั้งสองเครื่องยนต์ไม่สามารถสรุปแนวโน้มที่แน่นอนได้

- **ปริมาณฟอสฟอรัส** จากทั้งสองเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มคงที่ตลอดการทดสอบ

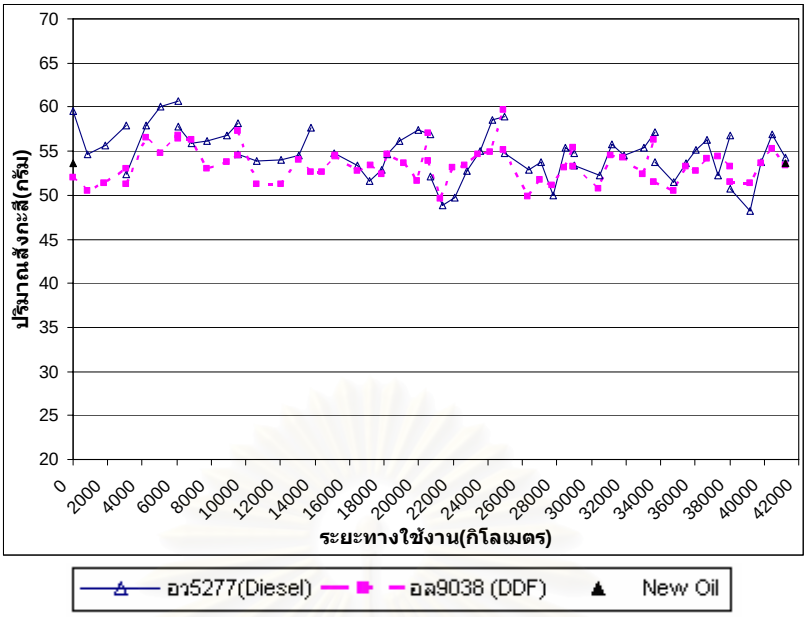
- **ปริมาณสังกะสี** มีแนวโน้มลดลงในเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล และมีแนวโน้มคงที่ในเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ



รูปที่ 6-39 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติตลอดการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์



รูปที่ 6-39 (ต่อ)แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติตลอดการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์



รูปที่ 6-39 (ต่อ)แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลและเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติตลอดการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์

6.2 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง

ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริงในรถกระบะ และรถหัวลาก

6.2.1 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ

จากการติดตามพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มคงที่ ค่าความดำมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการติดตาม โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น ไม่พบความผิดปกติของคุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่น และความผิดปกติของปริมาณโลหะปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น โดยรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ข

6.2.2 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก

ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลากแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

6.2.2.1 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

จากการติดตามการใช้งานของรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 พบว่าสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์จากการใช้งานจริงมีค่าสูงสุดที่ไม่อยู่ในระดับที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อความทนทานจากการใช้งาน อัตราสิ้นเปลืองพลังงานมีแนวโน้มคงที่ ค่าควันดำจากการวัดแบบที่ 1 มีแนวโน้มคงที่ และค่าควันดำจากการวัดแบบที่ 2 มีแนวโน้มสูงขึ้น สำหรับรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ข

คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 พบว่า ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีแนวโน้มลดลงตามอายุการใช้งาน สำหรับปริมาณธาตุสะสมพบว่าปริมาณทองแดงที่พบในน้ำมันหล่อลื่นมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นที่อายุน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 14000 กิโลเมตร สำหรับธาตุชนิดอื่นๆที่พบในน้ำมันหล่อลื่น ไม่พบปริมาณธาตุสะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นผิดปกติ สำหรับรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ข

6.2.2.2 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

สำหรับการติดตามการใช้งานของรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA จำนวน 5 คัน พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานมีแนวโน้มคงที่ ค่าควันดำจากการวัดแบบที่ 1 มีค่าใกล้เคียงค่าเริ่มต้น โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และค่าควันดำจากการวัดแบบที่ 2 มีแนวโน้มสูงขึ้น

คุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่น ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีแนวโน้มลดลงตามอายุการใช้งาน สำหรับปริมาณธาตุสะสมพบว่า ปริมาณทองแดงที่พบในน้ำมันหล่อลื่นมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นที่อายุน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 8000-9500 กิโลเมตร สำหรับธาตุชนิดอื่นๆที่พบในน้ำมันหล่อลื่น ไม่พบปริมาณธาตุสะสมที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มผิดปกติ สำหรับรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ข

สำหรับรถหัวลากหมายเลขทะเบียน 70-3440 และ 70-3441 เมื่อพบปริมาณทองแดงสะสมที่สูงขึ้นผิดปกติ จึงทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นที่อายุน้ำมันหล่อลื่น ประมาณ14500 กิโลเมตร หลังจากเปลี่ยนถ่าย ปริมาณทองแดงสะสมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเป็นปกติ หลังจากนั้นที่อายุน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 10000 กิโลเมตร ของรถหัวลากทะเบียน 70-3441 พบว่าปริมาณทองแดงมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้น สำหรับรถหัวลากทะเบียน 70-3440 หลังจากเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ไม่พบปริมาณทองแดงสะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นผิดปกติ ในช่วงอายุน้ำมันหล่อลื่น 0-8190 กิโลเมตร

สรุปได้ว่า เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในรถหัวลาก ไม่พบพฤติกรรมการสึกหรอที่ผิดปกติจากการใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ สำหรับปริมาณทองแดงสะสมที่พบในน้ำมันหล่อลื่น มีแนวโน้มสูงขึ้นผิดปกติที่อายุของน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 8000-10000 กิโลเมตร อาจเกิดจากน้ำมันหล่อลื่นเกิดการเสื่อมสภาพที่อายุน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 8000-10000 กิโลเมตร

บทที่ 7

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ก๊าซธรรมชาติระบบเชื้อเพลิงร่วมในเครื่องยนต์ดีเซล โดยผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

7.1.1 สรุปผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม

สรุปผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะควบคุม ดังนี้

7.1.1.1 สรุปผลการทดสอบสมรรถนะของรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติและรถตู้ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลบน Chassis Dynamometer

1.ในบางความเร็วทดสอบ รถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติให้ค่ากำลังเบรกสูงสุด สูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยผลต่างสูงสุดของค่ากำลังเบรกมีค่าร้อยละ 8.34

2.อัตราสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลทุกจุดทดสอบ

3.ค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล และที่สภาวะภาระบางส่วนมีค่าใกล้เคียงกับรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย

4.อุณหภูมิไอเสียจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิไอเสียจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล

7.1.1.2 สรุปผลการทดสอบรถตู้ที่สภาวะความเร็วคงที่บนถนนจริง

1.อัตราสิ้นเปลืองพลังงานจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล ในช่วงร้อยละ13.42-24.45

2.อัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรถเพิ่มขึ้น

3.อุณหภูมิไอเสียจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิไอเสียรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล

7.1.1.3 สรุปผลการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ภายใต้การควบคุมการขับขี่บนถนนในสภาวะแวดล้อมจริง

1.อัตราสิ้นเปลืองพลังงานจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ยร้อยละ19.84

2.อัตราส่วนการแทนที่น้ำมันดีเซลมีแนวโน้มคงที่ โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 27.59

3.อุณหภูมิไอเสียจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิไอเสียจากรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลตลอดการทดสอบความทนทาน

4.ค่าควันดำของทั้งสองเครื่องยนต์มีแนวโน้มคงที่ตลอดการทดสอบ โดยรถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าควันดำสูงกว่ารถตู้ที่ใช้น้ำมันดีเซล

5.เครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานที่สูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล จึงส่งผลต่อภาระที่สูงกว่าของน้ำมันหล่อลื่น อันส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพ อาทิ ค่าความหนืด เนื่องจากกระบวนการออกซิเดชัน และไนเตรชันของน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซล โดยอิทธิพลดังกล่าวจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามอายุน้ำมันหล่อลื่น ส่วนปริมาณโลหะจากการสึกหรอของเครื่องยนต์ทั้งสองนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

7.1.2 สรุปผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง

(ก) ผลการใช้งานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ

จากการติดตามผลการใช้งานของเครื่องยนต์ในรถกระบะ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีแนวโน้มคงที่ ค่าควันดำมีค่าใกล้เคียงค่าเริ่มต้น โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และไม่พบความผิดปกติจากคุณสมบัติของสารหล่อลื่น และปริมาณโลหะจากการสึกหรอของเครื่องยนต์

(ข) ผลการใช้งานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

จากการติดตามผลการใช้งานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานมีแนวโน้มคงที่ ค่าควันดำมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุน้ำมันหล่อลื่น สำหรับปริมาณทองแดงที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วที่อายุน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 14000 กิโลเมตร เนื่องจากการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

(ค) ผลการใช้งานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

จากการติดตามผลการใช้งานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA ทั้ง 5 คัน พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานมีแนวโน้มคงที่ ค่าควันดำมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุน้ำมันหล่อลื่น สำหรับปริมาณทองแดงที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วที่อายุน้ำมันหล่อลื่นประมาณ 8000-10000 กิโลเมตร เนื่องจากการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่น

7.2 ข้อเสนอแนะ

การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเร็วขึ้น, การเติมสารแอนติออกซิแดนซ์ หรือใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีอุณหภูมิใช้งานสูงกว่าจะช่วยป้องกันหรือลดระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้น

7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อเนื่อง

ควรมีการศึกษาถึงน้ำมันหล่อลื่นเกรดอื่นที่จะเหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ และการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบต่อเครื่องยนต์ระหว่างเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงกับเครื่องยนต์ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยอ้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] นายวิสุทธิ์ กวยรักษา. การศึกษาผลกระทบจากองค์ประกอบของมีเทนและก๊าซเฉื่อยต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซธรรมชาติจุดระเบิดด้วยประกายไฟ. มหาบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

[2] Borman, G.L. Combustion Engineering. Singapore: McGraw-Hill, 1998.

[3] บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). คุณภาพก๊าซธรรมชาติ[Online]. แหล่งที่มา: http://pttinternet.pttplc.com/csc_gas/csc_ws/gasquality/9_4.asp [2550, ธันวาคม 12]

[4] Klimstra, J. Interchangeability of gaseouse fuels-the importance of the wobbe-index. SAE paper 861578, 1987.

[5] Owen, K. and Coley, T. Automotive fuel reference book. 2nd edition, The United States of America: Society of automotive engineer, 1995.

[6] Sher, E. Handbook of air pollution from internal combustion engines – Pollutant formation and control. United States of America: Academic Press, 1998.

[7] Slawomir Luft. The Influence of Regegulating Parameters of Dual Fuel Compression Emission. SAE paper No. 2001-01-3264.

[8] Liu, Z., and G. A. Karim. . A Predictive Model for the Combustion Process in Dual Fuel Engines. SAE paper No. 952435.

[9] Jian, Dong., Xiaohong, Gao., Gesheng, Li., and Xintang, Zhang. Study on Diesel-LPG Dual Fuel Engines. SAE paper No. 2001-01-3679.

[10] Wong, Wai Y., Midkiff, K. Clark, and Bell, Stuart R. Performance and Emissions of a Natural Gas Dual-Fueled, Indirect Injected Diesel Engine. SAE paper No. 911766.

[11] Ghazi, .A. Karim. An Examination of Some Measures for Improving the Performance of Gas Fuelled Diesel Engines at Light Load. SAE paper No. 912366.

[12] Heywood, J.B. Internal combustion engine fundamentals. Singapore: McGraw-Hill,1988.

[13] สุรพล ราษฎร์นุ้ย. วิศวกรรมการบำรุงรักษา. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2545.

[14] Focus Laboratories Ltd. Oil Analysis the complete course for maintenance professionals, (เอกสารประกอบการสัมมนา 15-17 ตุลาคม 2546).

[15] William J.Smith, David J. Timoney, and Dermot P. Lynch. Emissions and Efficiency Comparaison of Gasoline and LPG Fuels in a 1.4 Litre Passenger Car Engine. SAE paper No.972970 (13-16 October 1997).

[16] Liss, W.E. and Thrasher, W.H. Natural gas as stationary engine and vehicular fuel. SAE paper 931828, 1993.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

[1] Bary Blevins. Silicon enemy number one. [Online] WearCheck Africa 1990. Available from: http://www.wearcheck.com/literature/techdoc/WZA003.htm [12 March 2006]

[2] Blaich, B. Diesel Fuel Injection. 1 st edition. Germany: Robert Bosch GmbH, 1994.

[3] Ding, J. Determining Fatigue Wear Using Wear Particle Analysis Tools [Online]. Available from: http://www.practicingoilanalysis.com/article_detail.asp?articleid=526&relatedbookgroup=WearDebris [12 March 2006]

[4] Geach, A. Detecting particles in oil (Part 1). Technical bulletin issue 24 [Online] 2002. Available from: http://www.wearcheck.com/literature/techdoc/WZA024.pdf [12 March 2006]

[5] Geach, A. Detecting particles in oil (Part 2). Technical bulletin issue 25 [Online] 2002. Available from: http://www.wearcheck.com/literature/techdoc/WZA025.pdf [12 March 2006]

[6] Geach, A. Infrared Analysis as a Tool for Assessing Degradation in Used Engine Lubricants [Online]. WearCheck Africa. 1996. Available from: http://www.wearcheck.com/literature/techdoc/WCA002.htm [12 March 2006]

[7] John S Evans, B. Sc. and Neil Robinson, B. Sc. Hons, A. We are ready for more soot. Technical bulletin issue 26 [Online] 2005. Available from: http://www.wearcheck.com/literature/techdoc/WZA026.pdf [12 March 2006]

[8] Owen, K.,and Trevor Coley. Automotive Fuels Reference Book. 2 nd edition. United ststes of America: Society of Automotive Engineers, 1995.

[9] Quesnel, B. Direct-Reading and Analytical Ferrography [Online]. WearCheck Canada 1995. Available from: http://www.wearcheck.com/literature/techdoc/WCA001.htm [12 March 2006]

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางทฤษฎีของก๊าซผสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณสมบัติทางทฤษฎีของก๊าซผสม

คุณสมบัติของก๊าซสามารถหาได้จากคุณสมบัติของสารประกอบแต่ละชนิดโดยกำหนดความสัมพันธ์ดังนี้

1. **เศษส่วนโมล** (mole fraction, x_i)

เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนโมลของสารประกอบแต่ละส่วน(N_i) กับจำนวนโมลทั้งหมดของสารผสม (N) หรือเป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นโดยโมลของสารประกอบ (n_i) กับความเข้มข้นโดยโมลของสารผสมทั้งหมด (n) และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนมวลกับเศษส่วนโมลได้

$$x_i = \frac{N_i}{N} = \frac{n_i}{n} \qquad \text{ดังนั้น} \quad x_i = \frac{My_i}{M_i}$$

2. **น้ำหนักโมเลกุล** (Molecular weight, M)

การหาน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซผสม หาได้จาก

$$M = \sum x_i M_i = x_1M_1 + x_2M_2 + ... + x_nM_n$$

เมื่อ $x_1, x_2, ... x_n$ = เศษส่วนโมลของก๊าซแต่ละชนิดในก๊าซผสม

3. **ค่าความร้อน** (heating value, H)

การหาค่าความร้อนของก๊าซผสม หาได้จาก

$$H = \sum x_i H_i = x_1H_1 + x_2H_2 + ... + x_nH_n$$

โดยคุณสมบัติของก๊าซผสมซึ่งในการศึกษานี้ คือ ก๊าซธรรมชาติหาได้จากตารางแสดงคุณสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและก๊าซเฉื่อย ดังแสดงในตารางที่ ข-1

4. **ขีดจำกัดการติดไฟ** (Flammability limit, FL)

เป็นสภาวะที่ส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิงสูงสุดที่ยังสามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ โดยมีสมการในการคำนวณหาขีดจำกัดการติดไฟของเชื้อเพลิงก๊าซผสม Le chatilier's modification of mixture law ดังนี้

$$FL = \frac{100}{P_1/FL_1 + P_2/FL_2 + ... + P_n/FL_n}$$

โดย FL = limit of flammability of mixture

P_1 = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดแรก

P_2 = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดที่สอง

P_n = เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงชนิดที่ n

FL_1 = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดแรก

FL_2 = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดที่สอง

FL_n = limit of flammability ของเชื้อเพลิงชนิดที่ n

ตารางที่ ก-1 แสดงคุณสมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและก๊าซเฉื่อย [15]

Compound	Molecular Weight, M_i	Higher heating value, HHV (Btu/ft^3)	Lower heating value, LHV (Btu/ft^3)	Lower Flammability limit, LFL (%vol)	Higher Flammability limit, HFL (%vol)
Methane (CH_4)	16.043	1012.0	911.2	5.0	15.0
Ethane (C_2H_6)	30.070	1772.9	1621.6	2.9	13.0
Propane (C_3H_8)	44.097	2523.0	2321.4	2.0	9.5
Isobutane ($i\text{-}C_3H_{10}$)	58.123	3260.1	3008.0	1.8	8.5
n-Butane ($n\text{-}C_3H_{10}$)	58.123	3269.6	3017.5	1.5	9.0
Isopentane ($i\text{-}C_5H_{12}$)	72.150	4009.4	3716.0	1.3	8.0
n-Pentane ($n\text{-}C_5H_{12}$)	72.150	4018.5	3711.0	1.4	8.3
Hexanes (C_6H_{14})	86.177	4758.0	4405.0	1.1	7.7
Carbon dioxide (CO_2)	44.010	-	-	-	-
Nitrogen (N_2)	28.0134	-	-	-	-

5. อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี

ในการปล่อยความร้อนจากเชื้อเพลิงนั้นจำเป็นต้องใช้ปริมาณอากาศที่เพียงพอการที่อากาศไม่เพียงพอนั้นจะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในกรณีที่อากาศเกินนั้นจะทำให้สูญเสียความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) การทราบปริมาณความต้องการ

อากาศทางทฤษฎี หรือ Stoichiometric หรืออัตราส่วนของอากาศต่อก๊าซนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ทราบถึงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

พิจารณาสมการเผาไหม้ของมีเทน

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

จากกฎของ Avogadro กล่าวว่าภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันเดียวกันก๊าซที่มีปริมาณเท่ากัน จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน กล่าวคือ

$$1\ \text{molecule}CH_4 + 2\ \text{molecules}O_2 = 1\ \text{molecule}CO_2 + 2\ \text{molecules}H_2O$$

ดังนั้น

$$1\ \text{volume}CH_4 + 2\ \text{volume}O_2 = 1\ \text{volume}CO_2 + 2\ \text{volumes}H_2O$$

(สมมติว่าก๊าซมีพฤติกรรมเป็นก๊าซอุดมคติ)

เนื่องจากองค์ประกอบของก๊าซแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรซึ่งนำไปสู่การคำนวณการเผาไหม้ที่ง่ายขึ้น

สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซสมการการเผาไหม้ที่สำคัญแสดงไว้ในตารางที่ ข-2 เนื่องจากอากาศประกอบด้วยออกซิเจน 20.95 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ปริมาณความต้องการอากาศสำหรับแต่ละเชื้อเพลิงก๊าซจะกำหนดโดยความต้องการออกซิเจนคูณด้วย 100/20.95 เช่น แต่ละปริมาตรของออกซิเจนจะมาพร้อมกับไนโตรเจนอีก 3.78 ปริมาตร ซึ่งประกอบเป็นอากาศ 4.78 ปริมาตร ดังตัวอย่าง

$$CH_4 + 2O_2 + 7.56N_2 = CO_2 + 2H_2O + 7.56N_2$$

$$CH_4 + 9.55\text{air} = CO_2 + 2H_2O + 7.56N_2$$

ตารางที่ ก-2 แสดงสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก๊าซ

(1) Gas	(2) Equation	(3) Stoichiometric O_2 per unit volume of gas	(4) Stoichiometric Air per unit Volume of gas, m_a
CH_4	$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$	2.0	9.55
C_2H_6	$C_2H_6 + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$	3.5	16.71
C_3H_8	$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$	5.0	23.87
C_4H_{10}	$C_4H_8 + 6\frac{1}{2}O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$	6.5	31.03
C_5H_{12}	$C_5H_{12} + 8O_2 = 5CO_2 + 6H_2O$	8.0	38.24
C_6H_{14}	$C_6H_{14} + 9.5O_2 = 6CO_2 + 7H_2O$	9.5	45.41

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการหาอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎีของเชื้อเพลิงก๊าซผสม หาได้จาก

$$\left(A/F\right)_s = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}$$

เมื่อ $\dot{m}_a$ = ผลรวมของมวลอากาศทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงแต่ละตัวได้สมบูรณ์

= $[\sum m_a x_i] \cdot M_{air}$ = $28.96 \cdot [\sum m_a x_i]$

m_a = Stoichiometric air per unit volume of gas (ดูได้จากตารางที่ ข-2)

x = เศษส่วนโมล

M_{air} = น้ำหนักโมเลกุลของอากาศ เท่ากับ 28.96

$\dot{m}_f$ = มวลของเชื้อเพลิง 1หน่วยที่ใช้ในการเผาไหม้กับอากาศได้สมบูรณ์

= 1 (mol of fuel) $\cdot$ M_{fuel}

M_{fuel} = น้ำหนักโมเลกุลของเชื้อเพลิงก๊าซผสม

6.เลขออกเทน

King และ Liss [16] ได้ทดสอบและหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติกับ Motor octane number (MON) ในรูปของสมการเชิงเส้นดังนี้

$$MON = a \cdot CH_4 + b \cdot C_2H_6 + c \cdot C_3H_8 + d \cdot C_4H_{10} + e \cdot CO_2 + f \cdot N_2$$

เมื่อ $CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, CO_2, N_2$ = เศษส่วนโมลขององค์ประกอบแต่ละก๊าซ

a = 137.780 (สัมประสิทธิ์สำหรับองค์ประกอบของ CH_4)

b = 29.948 (สัมประสิทธิ์สำหรับองค์ประกอบของ C_2H_6)

c = -18.193 (สัมประสิทธิ์สำหรับองค์ประกอบของ C_3H_8)

d = -167.062 (สัมประสิทธิ์สำหรับองค์ประกอบของ C_4H_{10})

e = 181.233 (สัมประสิทธิ์สำหรับองค์ประกอบของ CO_2)

f = 26.994 (สัมประสิทธิ์สำหรับองค์ประกอบของ N_2)

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเห็นว่า หากมีองค์ประกอบของ C_3H_8 และ C_4H_{10} ในก๊าซผสมซึ่งมีสัมประสิทธิ์เป็นลบ จะเป็นตัวลดความต้านทานการน็อกของเชื้อเพลิง เนื่องจากองค์ประกอบทั้งสองโดยเฉพาะ C_4H_{10} มีความต้านทานการน็อกต่ำกว่ามีเทน ส่วนองค์ประกอบของก๊าซเฉื่อย ได้แก่ CO_2 และ N_2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเจือจางส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ และลดอุณหภูมิการเผาไหม้ลง จะเป็นตัวเพิ่มความต้านทานการน็อกของเชื้อเพลิง

ในการศึกษานี้ทำการประเมินความต้านทานการน็อกของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติเท่านั้น เนื่องจากเงื่อนไขการใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าว คือ

1. ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ควรใช้กับก๊าซผสมที่มีองค์ประกอบของก๊าซเฉื่อยเกิน 5 % โดยปริมาตร
2. หากมีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนหนัก อาทิ C_5H_{10} และ C_6H_{12} ในก๊าซผสม ไม่สามารถนำมาคิดความต้านทานการน็อกได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ผลการติดตามรถยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมจากการใช้งานจริง

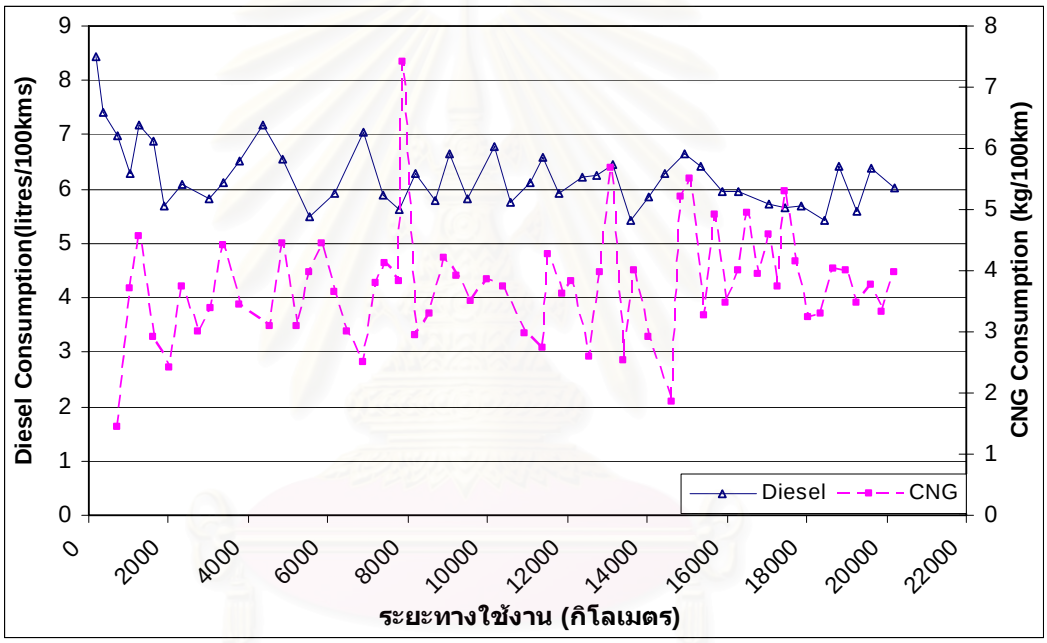
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. **ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของ เครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะจากการใช้งานจริงเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร**

ผลการติดตามเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถกระบะ นำเสนอเป็นผลของอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ, ค่าควันดำ และผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น ดังนี้

1.1 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ

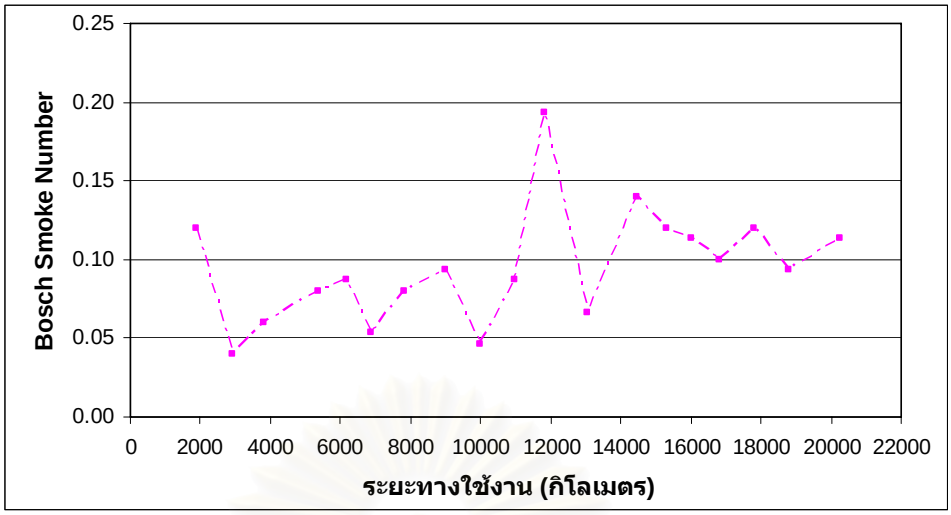
อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วม แสดงในรูปที่ ข-1



รูปที่ ข-1 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ

1.2 ค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ

ค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ แสดงในรูปที่ ข-2 พบว่าตลอดการทดสอบค่าควันดำมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ ข-2 แสดงค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ

1.3 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ในรถกระบะระหว่างติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน

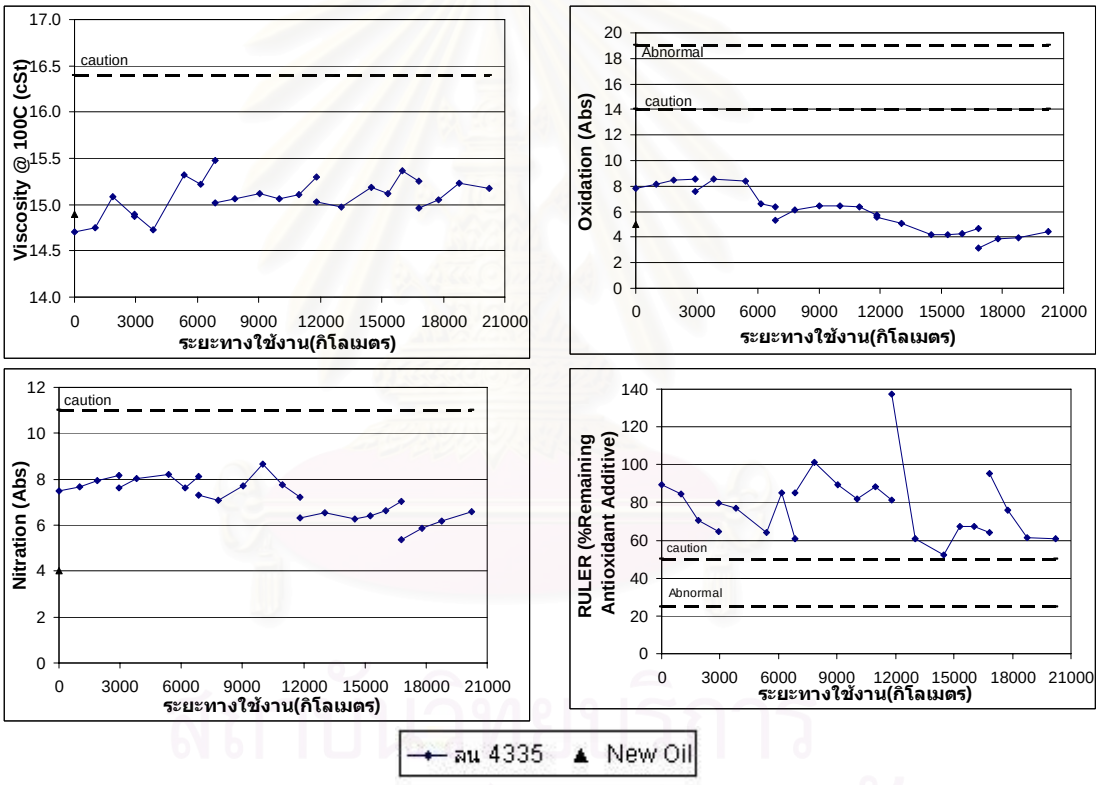
ผลจากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน โดยส่วนแรกแสดงผลคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันหล่อลื่นและปริมาณการปนเปื้อน ส่วนที่สองแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของโลหะจากการสึกหรอ ส่วนที่สามแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารปรุงแต่งในน้ำมันหล่อลื่น

ก. ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นและปริมาณการปนเปื้อน

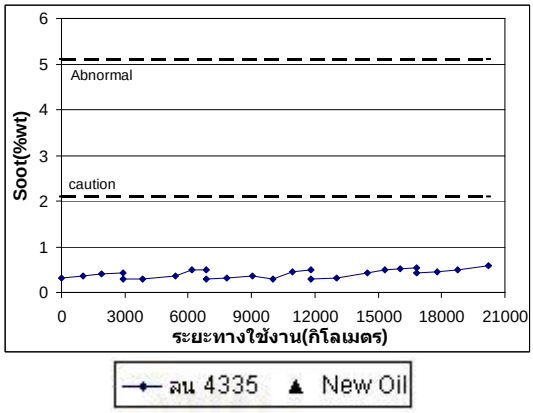
คุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะที่สนใจในช่วงการติดตามผลการใช้งาน ประกอบด้วย 1.ผลของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 °C โดยความหนืดที่เปลี่ยนไปมีผลต่อการสูญเสียพลังงานจากการเสียดทาน หรือทำให้ความหนาของฟิล์มน้ำมันรองเลื่อนเปลี่ยนไป 2. ค่าออกซิเดชัน และค่าไนเตรชันเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและไนเตรชันที่เกิดในน้ำมันหล่อลื่นจะแสดงถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นและ 3.ค่า RULER จะแสดงปริมาณสารปรุงแต่งยับยั้งการเกิดออกซิเดชันที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำมันหล่อลื่นเมื่อเทียบกับน้ำมันใหม่ โดยช่วงเวลาที่พิจารณาสามารถแบ่งเป็น 5 ช่วง ดังแสดงในตารางที่ ข-1 การแบ่งช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็นช่วงระยะทางตามการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ค่าเริ่มต้นของแต่ละช่วงแสดงด้วยค่าที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นที่อายุการใช้งาน 0 กิโลเมตร คือระยะทางการทำงานที่ 0 , 2917, 6864, 11810, 16811 และ 20235 กิโลเมตรตามลำดับ

ตารางที่ ข-1 แสดงช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน

ช่วงการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น	ระยะทาง (กิโลเมตร)	อายุน้ำมันหล่อลื่น (กิโลเมตร)
1	0 - 2917	2917
2	2917 - 6864	3947
3	6864 - 11810	4946
4	11810 - 16811	5001
5	16811 - 20235	3424



รูปที่ ข-3 แสดงคุณสมบัติในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ



รูปที่ ข-4 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ

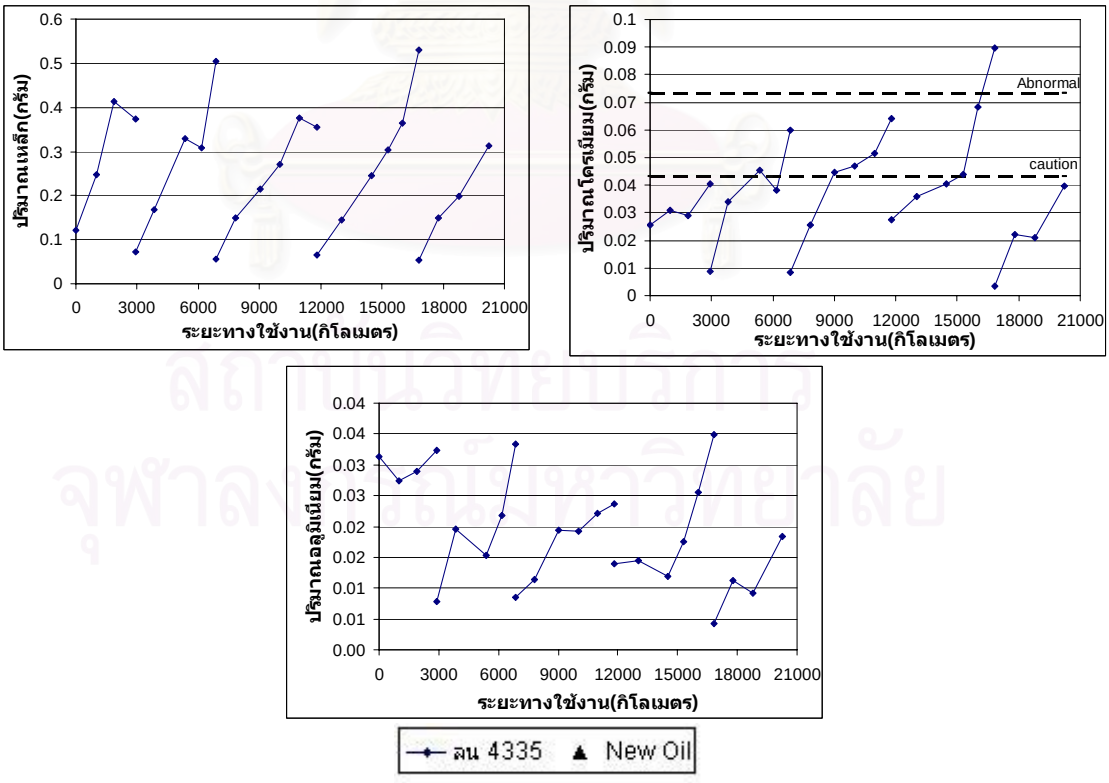
ข. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะจากการสึกหรอ

ปริมาณธาตุโลหะที่พบในน้ำมันหล่อลื่น จะพิจารณาธาตุที่มาจากชิ้นส่วนที่สัมผัสกับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ได้แก่ ลูกสูบ, แหวนลูกสูบ และกระบอกสูบ โดยทั่วไปมีธาตุต่างๆดังนี้

ลูกสูบ - เหล็ก และอลูมิเนียม

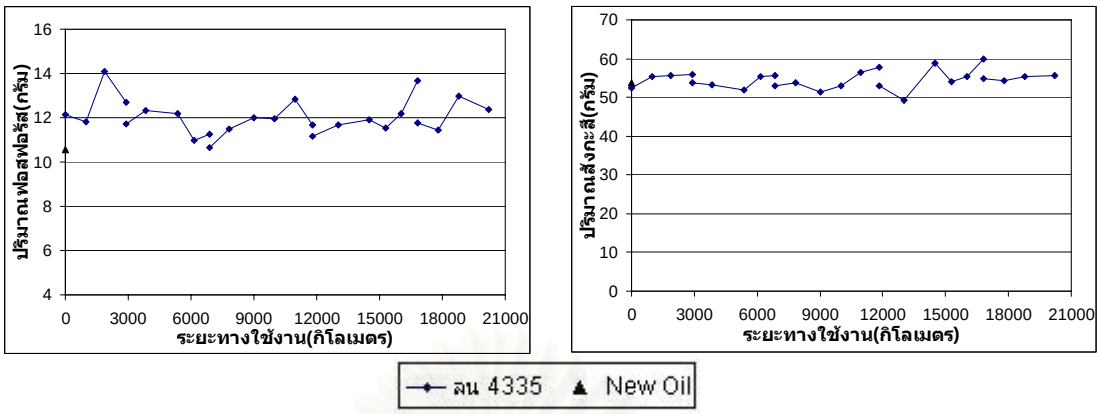
แหวนลูกสูบ - เหล็ก และโครเมียม

กระบอกสูบ - เหล็ก



รูปที่ ข-5 แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมรถกระบะที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน

ค. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเติมแต่ง



รูปที่ ข-6 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถกระบะ

2. **ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของ เครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลากจากการใช้งานจริงเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร**

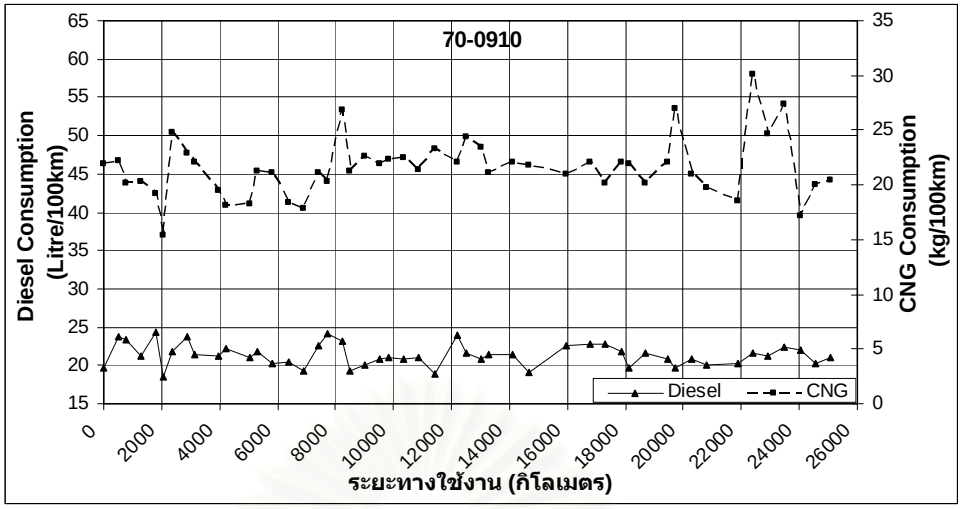
ผลจากการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถหัวลากภายใต้สภาวะการใช้งานจริงเป็นระยะทาง 20000 กิโลเมตร ดังนี้

2.1 ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

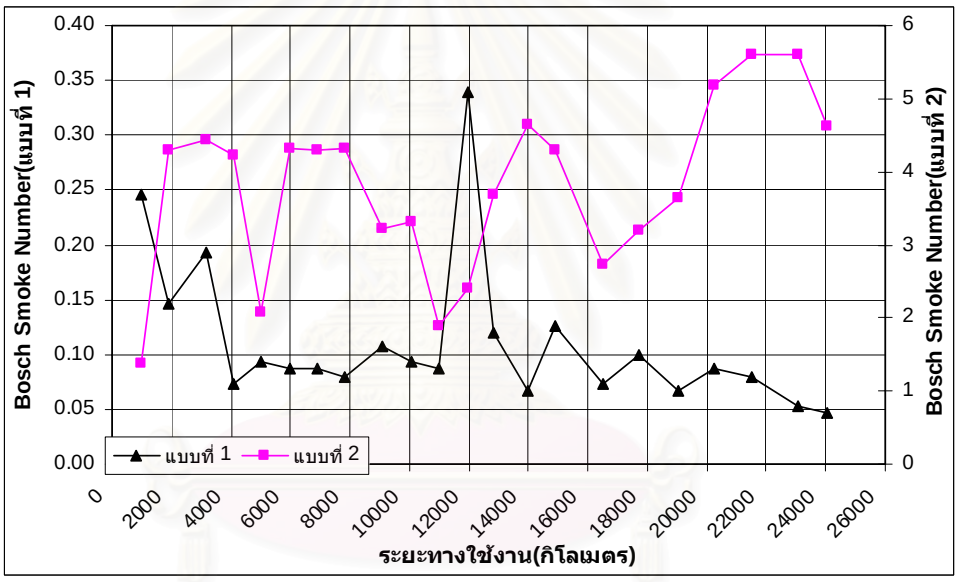
ผลการติดตามเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 นำเสนอเป็นผลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ, อุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์, ค่าควันดำ และผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น ดังนี้

2.1.1 ผลของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 แสดงในรูปที่ ข-7 และค่าควันดำ แสดงในรูปที่ ข-8



รูปที่ ข-7 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500



รูปที่ ข-8 แสดงค่าควันดำตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก ยี่ห้อ Hino รุ่น ZM500

2.1.2 ผลของอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

อุณหภูมิการทำงานสูงสุดของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน แสดงดังตารางที่ ข-2

ตารางที่ ข-2 แสดงอุณหภูมิสูงสุดจากการใช้งานจริงของรถหัวลาก HINO รุ่น ZM500

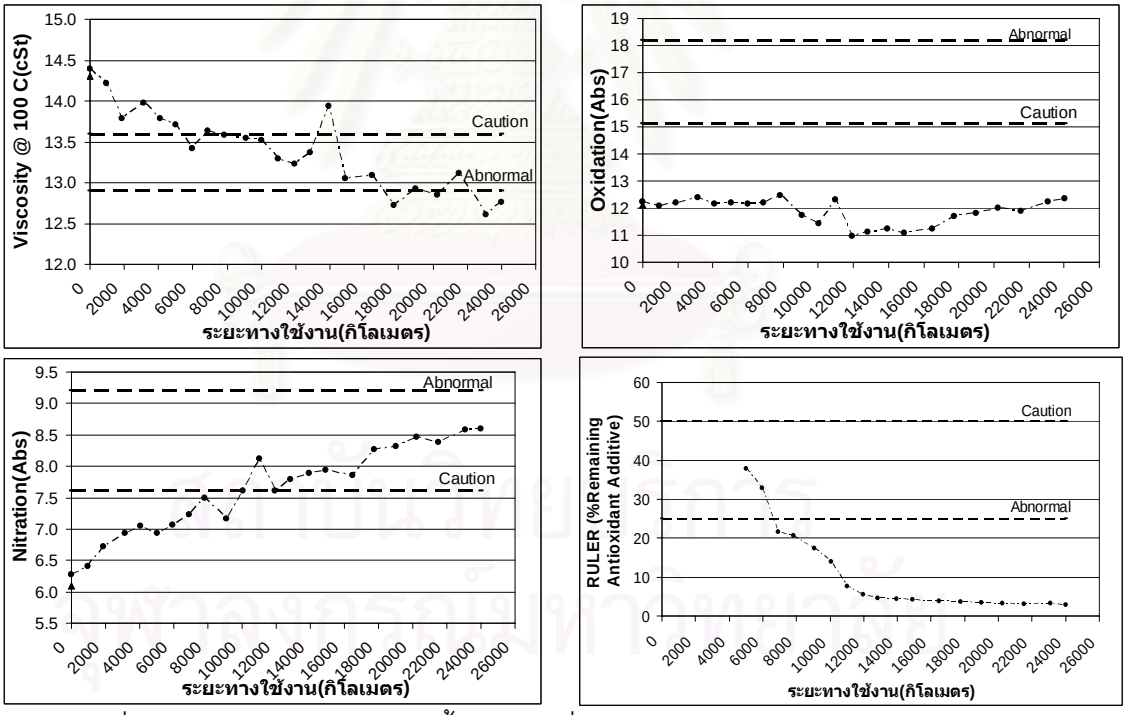
Intake T. (deg.C)	Exhaust T. (deg.C)	Water in T. (deg.C)	Water Out T. (deg.C)	Oil T. (deg.C)	Ambient T. (deg.C)	Speed (km/hr)	น้ำหนักบรรทุก (Tons.)
44	510	83	86	109	33	50	27.1

2.1.3 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ระหว่างติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน

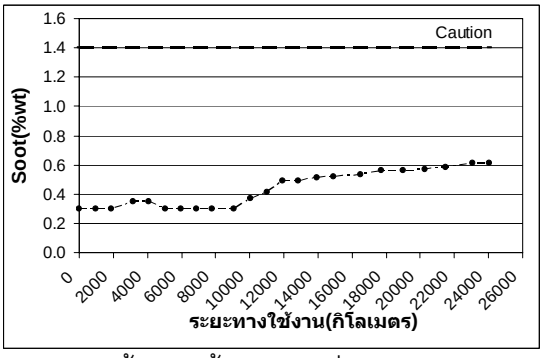
ผลจากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ก. ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นและปริมาณการปนเปื้อน

คุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่สนใจ ในช่วงการติดตามผลการใช้งาน ประกอบด้วย ค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 °C, ค่าออกซิเดชัน, ค่าไนเตรชัน, ค่า RULER แสดงดังรูปที่ ข-9 และปริมาณเขม่า แสดงดังรูปที่ ข-10



รูปที่ ข-9 แสดงค่าคุณสมบัติในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500



รูปที่ ข-10 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

ข. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะจากการสึกหรอ

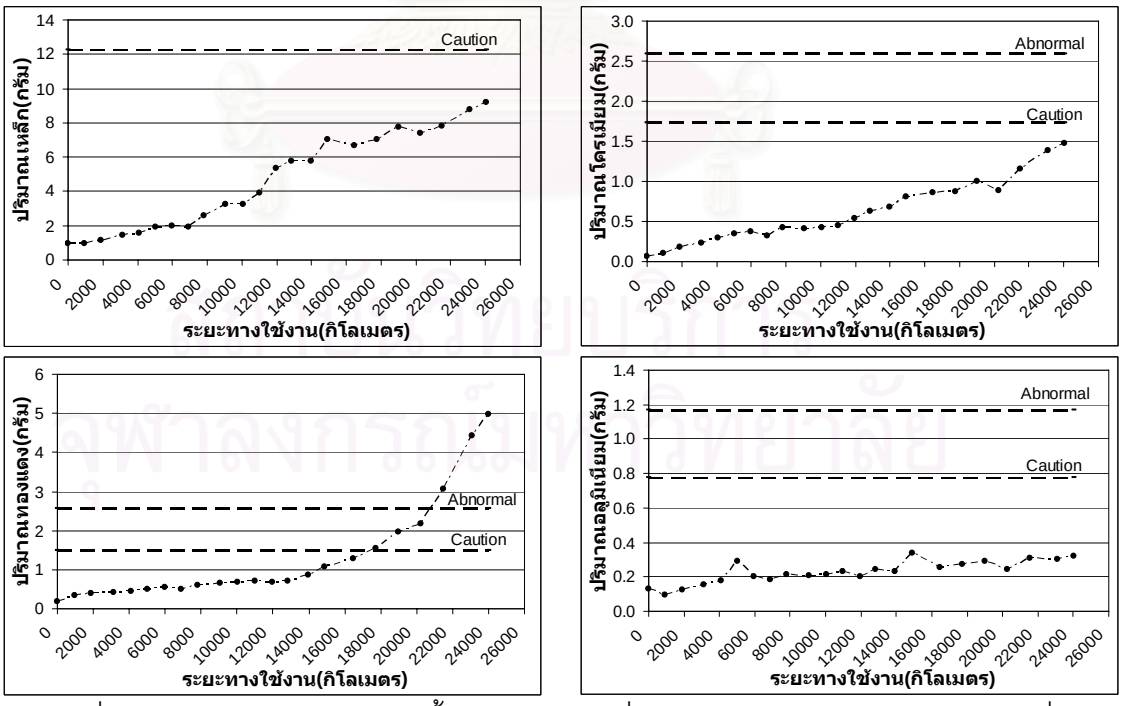
ปริมาณธาตุโลหะที่พบในน้ำมันหล่อลื่น จะพิจารณาธาตุที่มาจากชิ้นส่วนที่สัมผัสกับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง คือ ลูกสูบ, แหวนลูกสูบ และกระบอกสูบ แสดงดังรูปที่ ข-11 โดยทั่วไปมีธาตุต่างๆดังนี้

ลูกสูบ - เหล็ก และอลูมิเนียม

แหวนลูกสูบ - เหล็ก และโครเมียม

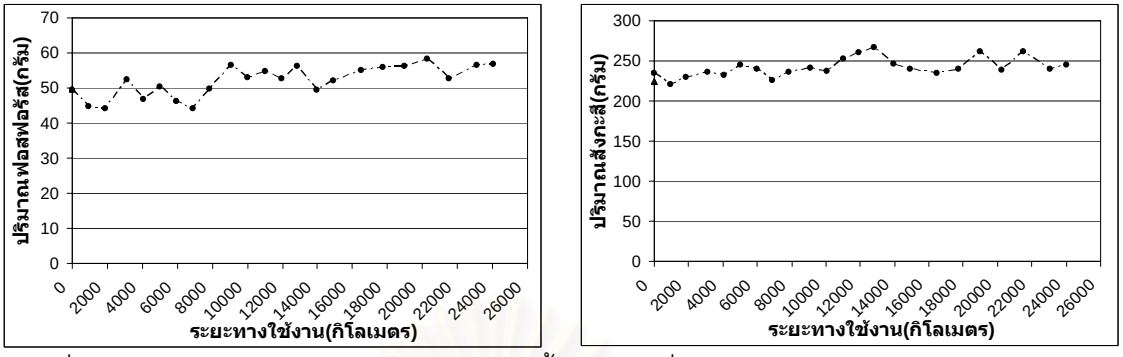
กระบอกสูบ - เหล็ก

บุชก้านสูบ - ทองแดง



รูปที่ ข-11 แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์รถหัวลาก Hino รุ่น ZM500 ที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น ตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน

ค. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเติมแต่ง

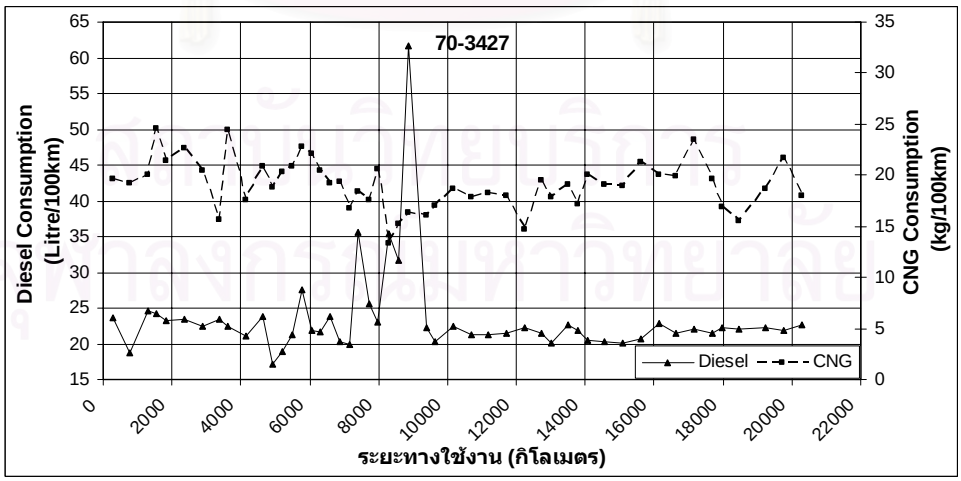


รูปที่ ข-12 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น ZM500

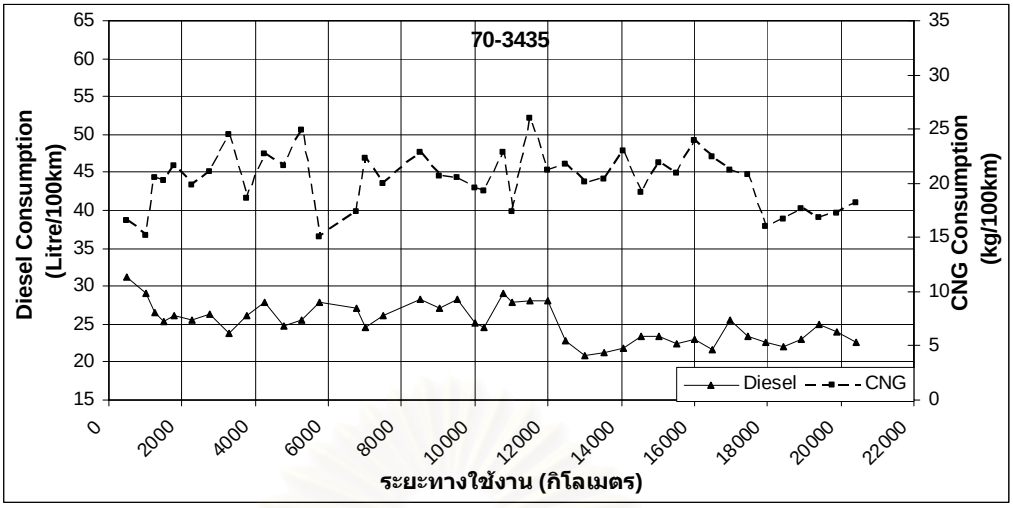
2.2ผลการติดตามการใช้งานเพื่อประเมินผลกระทบต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

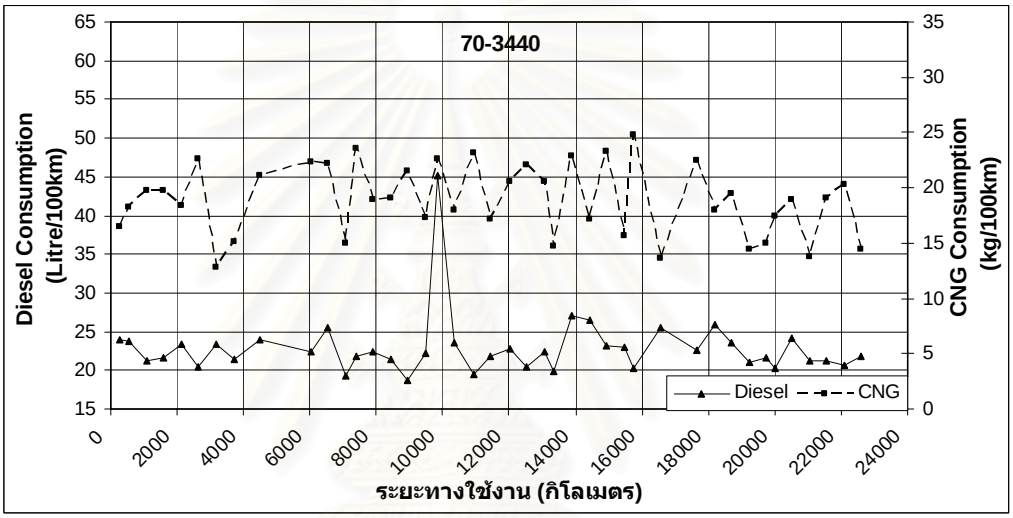
2.2.1 ผลของอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

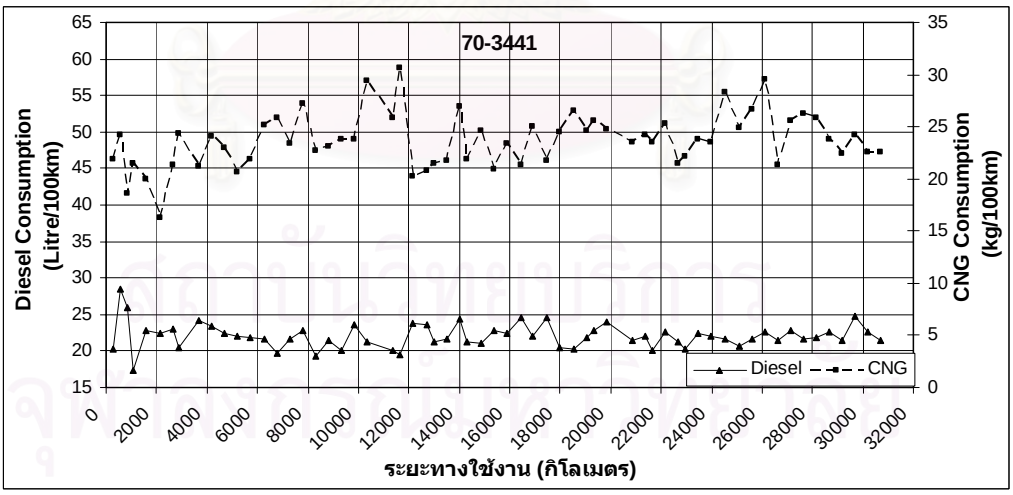
อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA แสดงในรูปที่ ข-13 ค่าแนวโน้มอัตราสิ้นเปลืองพลังงานกับน้ำหนักบรรทุก แสดงในรูปที่ ข-14 และค่าควันดำแสดงในรูปที่ ข-15 และ ข-16



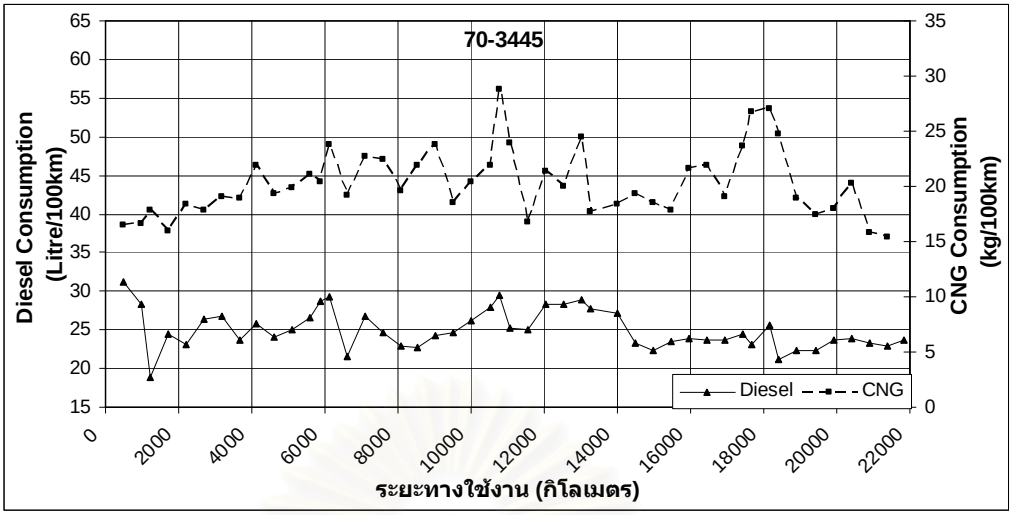
รูปที่ ข-13 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA



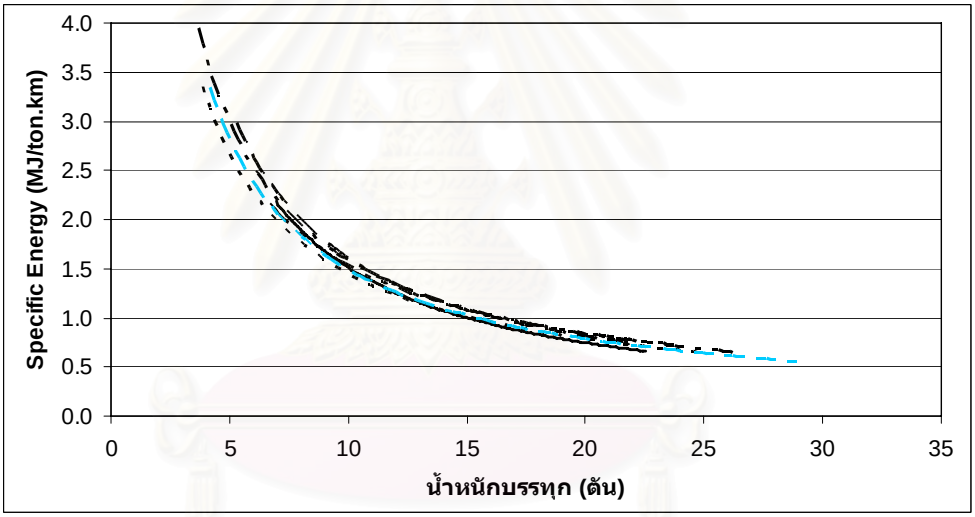




รูปที่ ข-13(ต่อ)แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

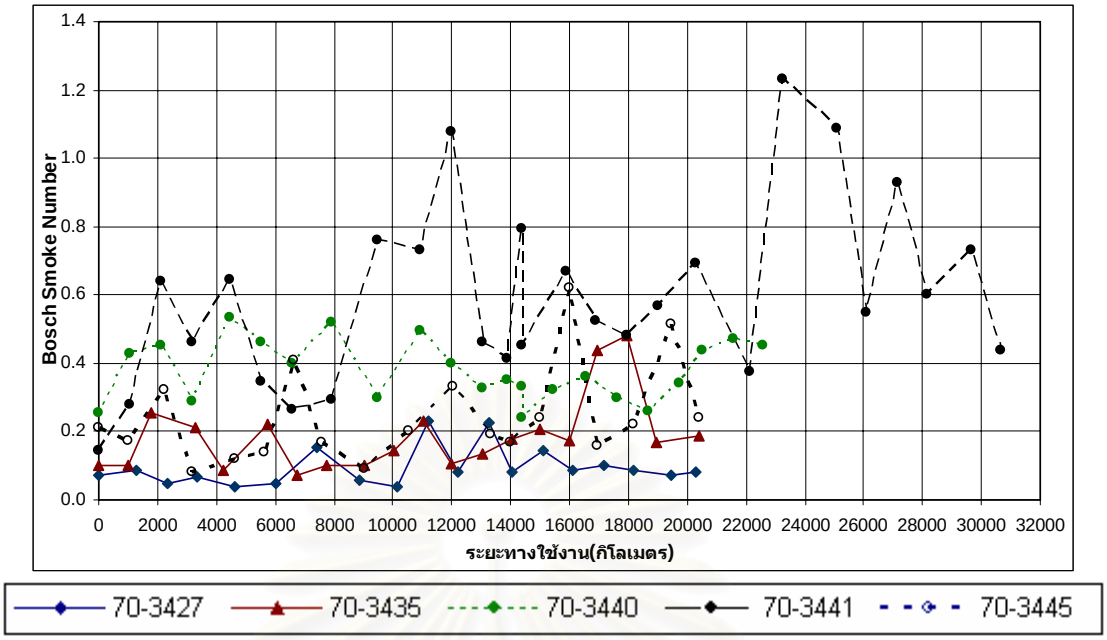


รูปที่ ข-13(ต่อ)แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

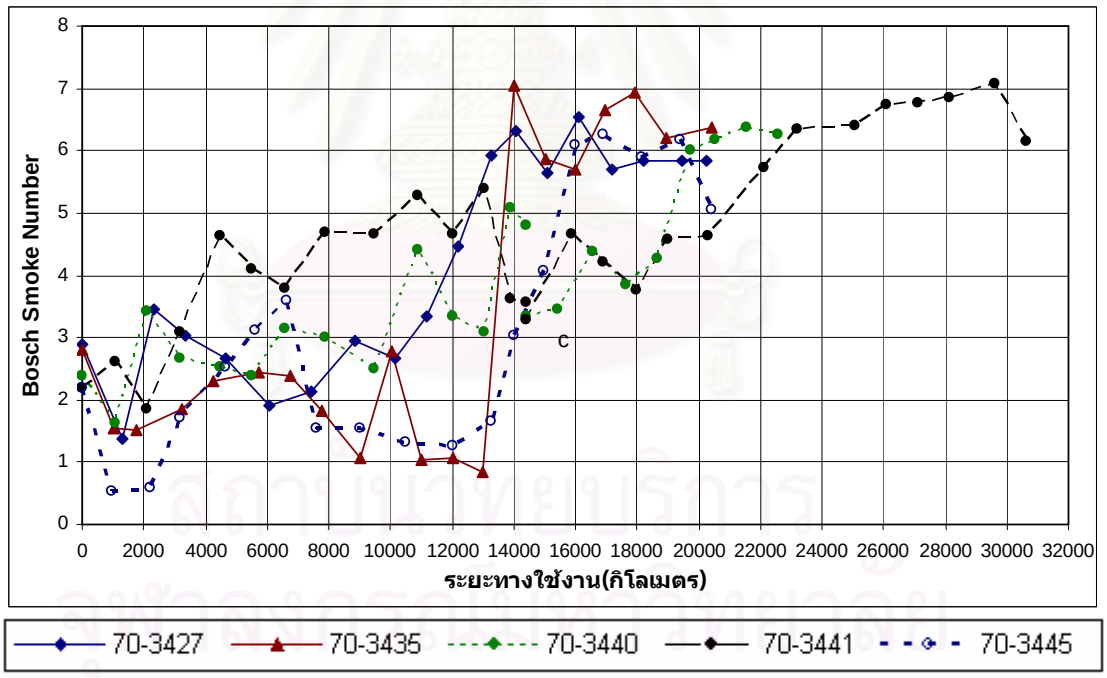


รูปที่ ข-14 แสดงค่าแนวโน้มอัตราสิ้นเปลืองพลังงานกับน้ำหนักบรรทุกระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก

จากรูปที่ ข-14 แสดงค่าแนวโน้มอัตราสิ้นเปลืองพลังงาน (MJ/ton.km) กับน้ำหนักบรรทุกระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วม พบว่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานต่อน้ำหนัก 1 ตัน ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ของรถบรรทุกทั้ง 6 คันมีแนวโน้มเช่นเดียวกันตลอดการติดตาม โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อน้ำหนักบรรทุกสูงขึ้น



รูปที่ ข-15 แสดงค่าควันดำตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมของรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA โดยวิธีวัดแบบที่ 1



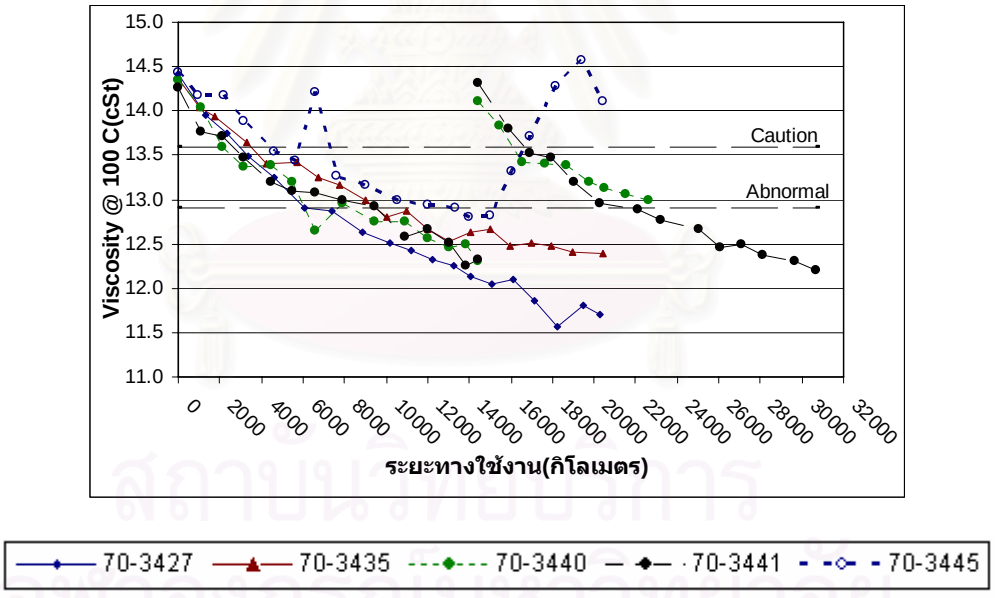
รูปที่ ข-16 แสดงค่าควันดำตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมของรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA โดยวิธีวัดแบบที่ 2

2.2.2 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA ระหว่างติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน

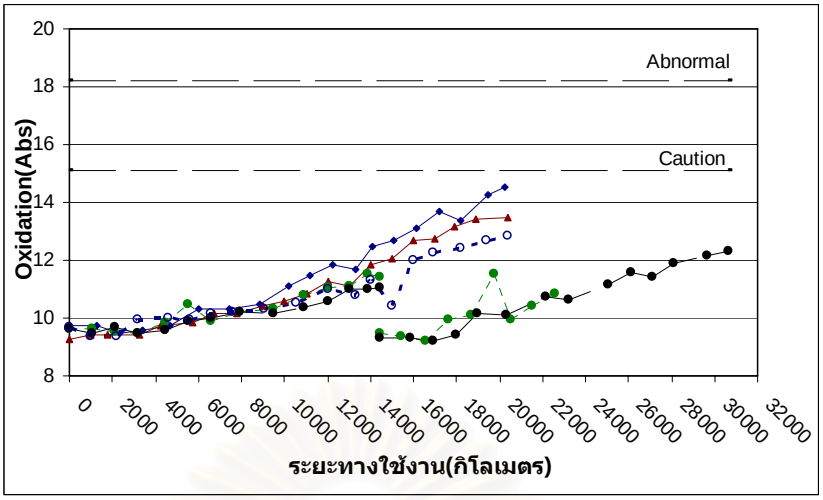
ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นระหว่างติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากยี่ห้อ HINO รุ่น FM2PKPA จำนวน 5 คัน มีรายละเอียดดังนี้

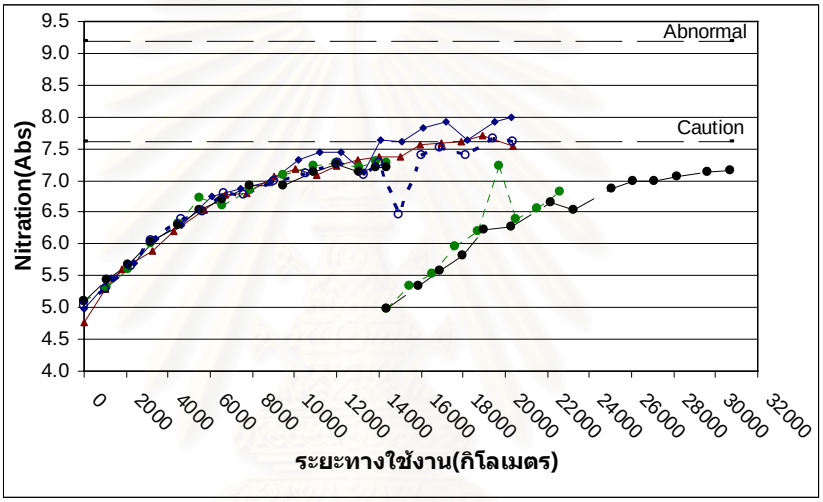
ก. ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นและปริมาณการปนเปื้อน

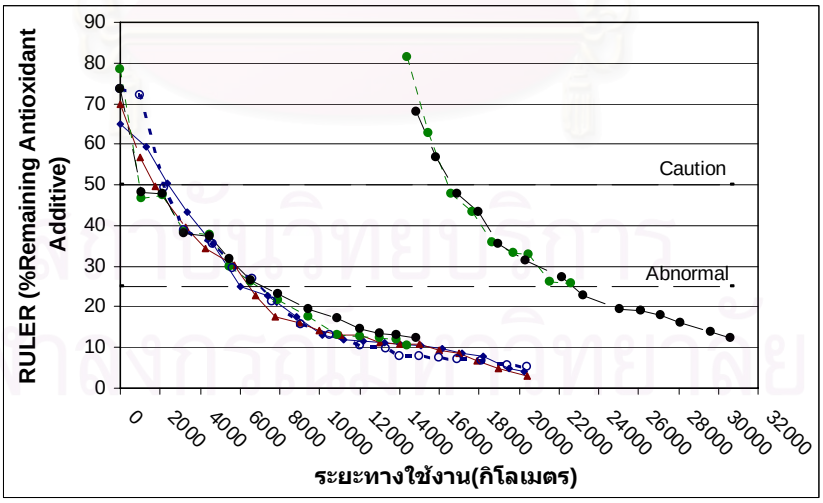
ผลของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 100 °C, ค่าออกซิเดชัน, ค่าไนเตรชัน และค่า RULER ดังแสดงในรูปที่ ข-17 และค่าเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเขม่า ดังแสดงในรูปที่ ข-18 สำหรับช่วงเวลาในการพิจารณาของรถหัวลากจำนวน 3 คัน อยู่ในช่วงระยะทาง 0-20000 กิโลเมตร และรถหัวลากจำนวน 2 คัน ที่แบ่งช่วงพิจารณาเป็น 2 ช่วง เลขทะเบียน 70-3440 พิจารณาช่วง 0-14408 กิโลเมตร และช่วง 14408-22598 กิโลเมตร และ รถหัวลากเลขทะเบียน 70-3441 พิจารณาช่วง 0-14833 กิโลเมตร และช่วง14833-30668 กิโลเมตร

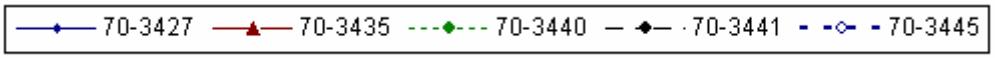


รูปที่ ข-17 แสดงคุณสมบัติในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

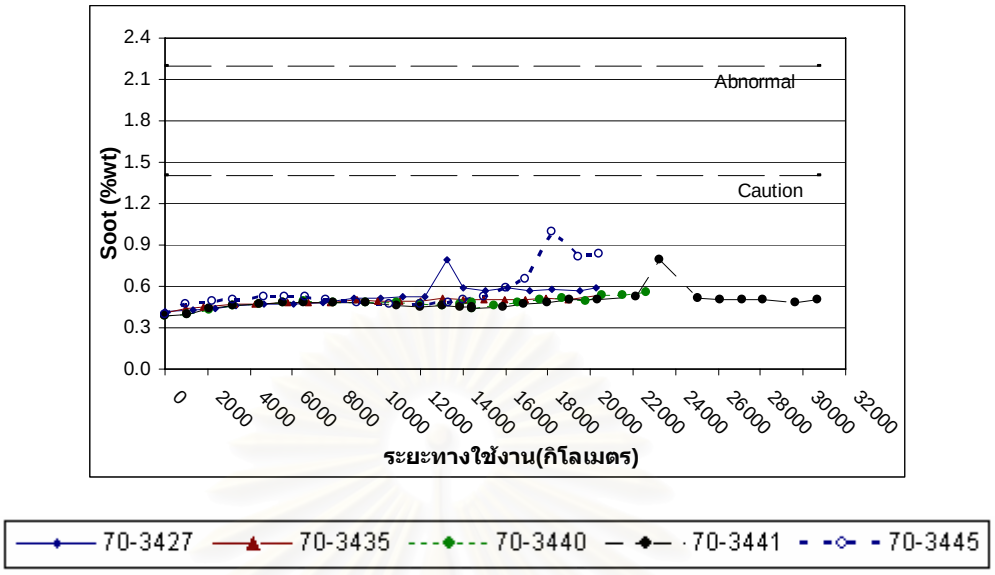








รูปที่ ข-17 (ต่อ)แสดงคุณสมบัติในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิร่วมในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA



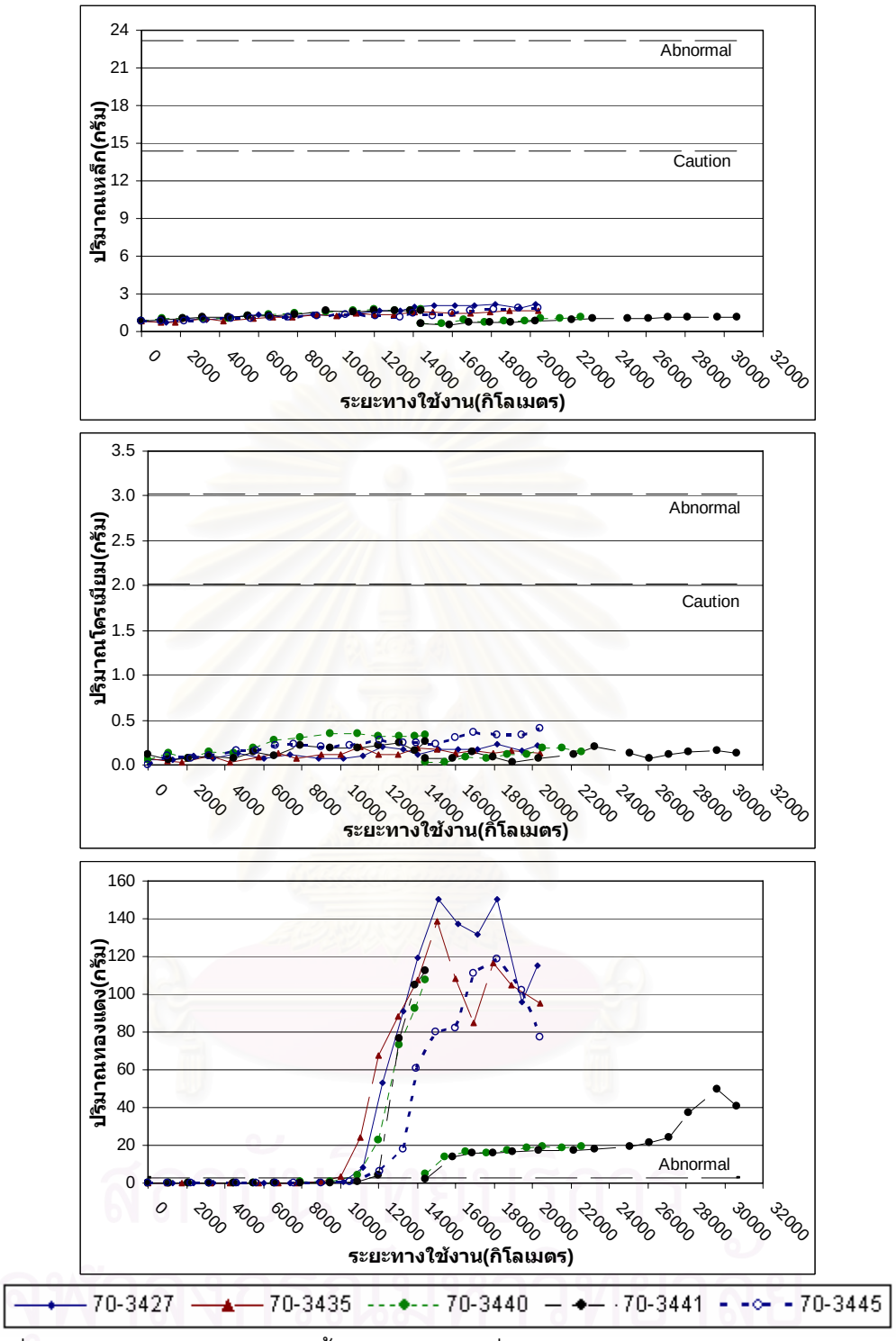
รูปที่ ข-18 แสดงปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

ข. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะจากการสึกหรอ

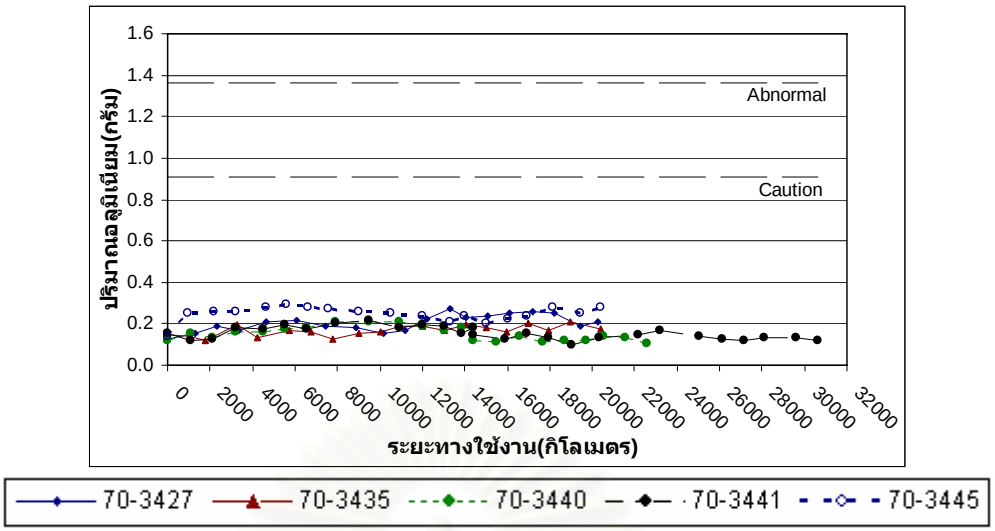
ปริมาณธาตุโลหะที่พบในน้ำมันหล่อลื่น จะพิจารณาธาตุที่มาจากชิ้นส่วนที่สัมผัสกับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง คือ ลูกสูบ, แหวนลูกสูบ และกระบอกสูบ แสดงดังรูปที่ ข-19 โดยทั่วไปมีธาตุต่างๆดังนี้

ลูกสูบ - เหล็ก และอลูมิเนียม
แหวนลูกสูบ - เหล็ก และโครเมียม
กระบอกสูบ - เหล็ก
บุชก้านสูบ - ทองแดง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



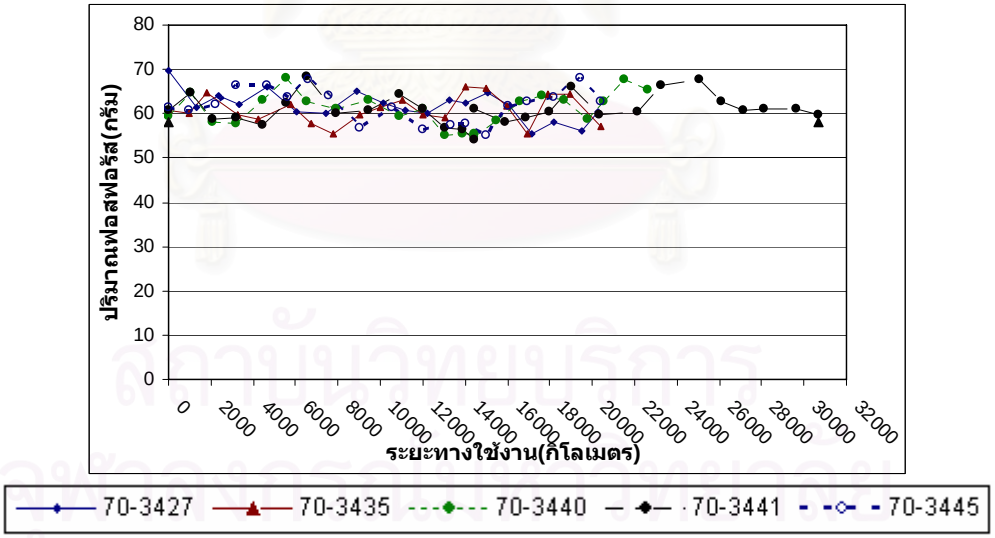
รูปที่ ข-19 แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์รถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA ที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน



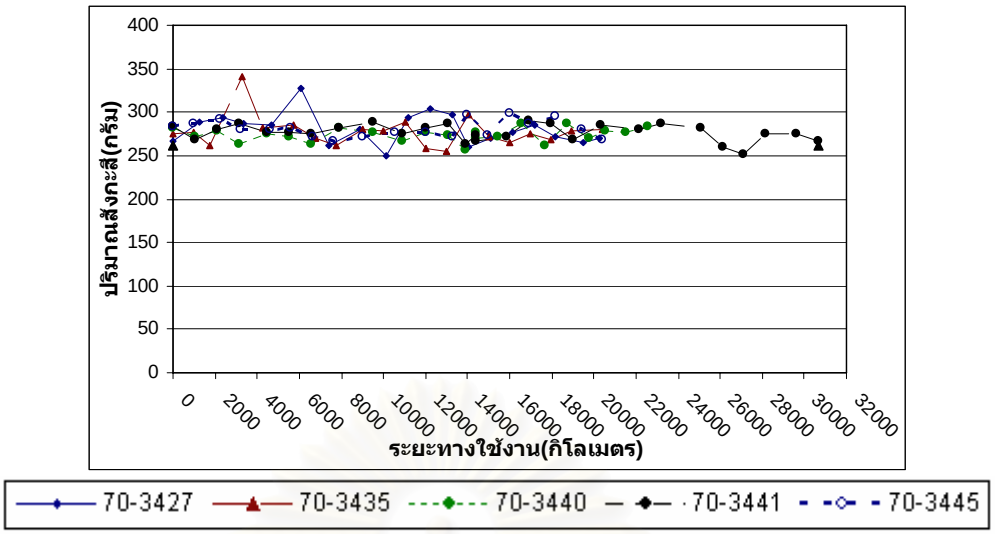
รูปที่ ข-19 (ต่อ)แสดงปริมาณธาตุจากชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์รถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA ที่ปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทาน

ค. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเติมแต่ง

ผลของปริมาณสารเติมแต่งที่พบในน้ำมันหล่อลื่น แสดงดังรูปที่ ข-20



รูปที่ ข-20 แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA



รูปที่ ข-20 (ต่อ)แสดงปริมาณสารเติมแต่งสะสมในน้ำมันหล่อลื่นตลอดการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของเครื่องยนต์ในรถหัวลาก Hino รุ่น FM2PKPA

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลผลการทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 60 km/h

				Diesel					CNG			Total			
	Speed	Power	Crted Pow	m_f	Crted m_f	Density	sfc	FC	m_f	sfc	FC	Energy Consum		Cost	η_f
	(km/h)	(kW)	(kW)	g/sec	g/sec	(kg/m^3)	g/kW.h	litres/100kms	g/s	g/kW.h	kg/100km	MJ/km	(MJ/kW.h)	baht/km	%
อว5277 (Diesel)	60	8.8	8.96	1.39	1.41	837	565.66	10.09	-	-	-	3.59	24.04	2.52	14.97
	60	12.6	12.83	1.65	1.68	837	470.42	12.02	-	-	-	4.28	19.99	3.01	18.01
	60	17.5	17.82	1.96	1.99	837	402.54	14.29	-	-	-	5.08	17.11	3.57	21.04
	60	22.6	22.93	2.12	2.14	837	336.37	15.36	-	-	-	5.46	14.30	3.84	25.18
	60	29	28.73	2.63	2.61	837	326.40	18.67	-	-	-	6.64	13.87	4.67	25.95
อล9038 (DDF)	60	8.8	8.77	1.03	1.03	837	421.11	7.36	0.78	320.13	4.68	4.29	29.33	2.24	12.28
	60	12.6	12.56	1.22	1.21	837	347.71	8.70	0.90	259.34	5.43	5.03	24.04	2.64	14.98
	60	17.5	17.44	1.53	1.53	837	315.71	10.96	0.73	149.73	4.35	5.45	18.76	3.11	19.19
	60	22.6	22.43	1.76	1.75	837	280.94	12.55	1.06	170.03	6.36	6.73	18.01	3.68	19.99
	60	31.3	31.13	2.27	2.26	837	261.24	16.19	0.69	79.78	4.14	7.24	13.95	4.40	25.80

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 60 km/h (ต่อ)

	Speed	Power	Diesel Sub	Oil T.	Ex T.	W_{in} T.	W_{Out} T.	Air T.	T_{amb}	P_{amb}	Correction Factor			Den Air	Smoke
	(km/h)	(kW)	%	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mmHg)	k	α	β	(kg/m^3)	
อว5277 (Diesel)	60	8.8	-	110	308	79	85	47	34	756.1	0.9846	0.9819	1.0027	1.14	0.06
	60	12.6	-	112	345	82	88	46	34	756.1	0.9846	0.9819	1.0027	1.14	0.08
	60	17.5	-	117	392	87	93	46	34	756.1	0.9846	0.9819	1.0027	1.14	0.06
	60	22.6	-	122	410	90	96	45	33	756.0	0.9877	0.9855	1.0022	1.15	0.20
	60	29	-	123	492	88	95	40	27	756.4	1.0079	1.0093	0.9986	1.17	0.29
อล9038 (DDF)	60	8.8	27.14	111	327	86	93	50	28	755.0	1.0027	1.0032	0.9995	1.16	0.06
	60	12.6	27.66	126	416	102	109	43	28	755.0	1.0027	1.0032	0.9995	1.16	0.06
	60	17.5	23.26	133	479	110	115	44	28	755.2	1.0030	1.0035	0.9995	1.16	0.02
	60	22.6	18.30	133	522	106	115	40	27	755.2	1.0063	1.0075	0.9989	1.17	0.02
	60	31.3	13.28	126	569	105	116	40	27.5	755.2	1.0047	1.0055	0.9992	1.16	0.52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 70 km/h

				Diesel					CNG			Total			
	Speed	Power	Crted Pow	m_f	Crted m_f	Density	FC	sfc	m_f	sfc	FC	Energy Consum		Cost	η_f
	(km/h)	(kW)	(kW)	g/sec	g/sec	(kg/m^3)	litres/100kms	g/kW.h	g/s	g/kW.h	kg/100km	MJ/km	(MJ/kW.h)	baht/km	%
อว5277 (Diesel)	70	11.8	11.99	1.78	1.81	837	11.10	542.16	-	-	-	3.95	23.04	2.77	15.62
	70	14.6	14.72	1.95	1.96	837	12.05	479.58	-	-	-	4.29	20.38	3.01	17.66
	70	20.4	20.42	2.15	2.15	837	13.22	379.26	-	-	-	4.70	16.12	3.30	22.33
	70	26.3	26.12	2.54	2.53	837	15.53	348.24	-	-	-	5.52	14.80	3.88	24.32
	70	35	34.91	3.27	3.26	837	20.02	336.07	-	-	-	7.12	14.28	5.01	25.20
อล9038 (DDF)	70	11.8	11.72	1.37	1.36	837	8.37	418.81	0.99	303.96	5.09	4.80	28.65	2.53	12.57
	70	14.6	14.50	1.51	1.50	837	9.22	372.50	1.11	275.81	5.71	5.32	25.68	2.79	14.02
	70	20.4	20.33	1.70	1.69	837	10.39	299.43	1.15	204.48	5.94	5.82	20.03	3.10	17.98
	70	26.3	26.21	1.88	1.87	837	11.52	257.51	1.14	155.89	5.84	6.18	16.51	3.38	21.81
	70	35.4	35.28	2.72	2.71	837	16.65	276.47	1.12	114.33	5.76	7.98	15.83	4.65	22.74

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 70 km/h (ต่อ)

	Speed	Power	Diesel Sub	Oil T.	Ex T.	W_{in} T.	W_{Out} T.	Air T.	T_{amb}	P_{amb}	Correction Factor			Den Air	Smoke
	(km/h)	(kW)	%	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mmHg)	k	α	β	(kg/m^3)	
อว5277 (Diesel)	70	11.8	-	114	338	82	87	44	33	755.1	0.9865	0.9841	1.0024	1.14	0.06
	70	14.6	-	115	368	82	88	42	31	755	0.9928	0.9916	1.0013	1.15	0.08
	70	20.4	-	120	375	84	90	41	29	754.8	0.9992	0.9990	1.0001	1.16	0.07
	70	26.3	-	123	431	87	93	39	27	754.8	1.0058	1.0068	0.9990	1.17	0.02
	70	35	-	126	546	92	99	41	28	754.6	1.0022	1.0026	0.9996	1.16	0.3
อล9038 (DDF)	70	11.8	24.52	129	452	103	110	51	27	755	1.0061	1.0071	0.9989	1.17	0.06
	70	14.6	23.53	131	421	107	115	43	27	755	1.0061	1.0071	0.9989	1.17	0
	70	20.4	21.39	136	487	109	116	41	28	755.1	1.0029	1.0034	0.9995	1.16	0
	70	26.3	25.80	136	484	109	116	42	28	755.1	1.0029	1.0034	0.9995	1.16	0.02
	70	35.4	16.86	125	595	105	115	41	28	755.1	1.0029	1.0034	0.9995	1.16	0.82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 80 km/h

				Diesel					CNG			Total			
	Speed	Power	Crted Pow	m_f	Crted m_f	Density	FC	sfc	m_f	sfc	FC	Energy Consum		Cost	η_f
	(km/h)	(kW)	(kW)	g/sec	g/sec	(kg/m^3)	litres/100kms	g/kW.h	g/s	g/kW.h	kg/100km	MJ/km	(MJ/kW.h)	baht/km	%
อว5277 (Diesel)	80	15.3	15.26	2.26	2.26	837	12.13	532.43	-	-	-	4.32	22.63	3.03	15.91
	80	16.7	16.72	2.36	2.36	837	12.70	508.59	-	-	-	4.52	21.61	3.18	16.66
	80	23.4	23.25	2.59	2.58	837	13.87	399.37	-	-	-	4.93	16.97	3.47	21.21
	80	30.1	30.03	2.77	2.76	837	14.84	330.87	-	-	-	5.28	14.06	3.71	25.60
	80	37.2	37.15	3.85	3.85	837	20.68	372.71	-	-	-	7.36	15.84	5.17	22.73
อล9038 (DDF)	80	15.3	15.25	1.71	1.70	837	9.16	402.49	1.01	237.51	4.53	4.88	25.58	2.68	14.07
	80	16.7	16.55	1.72	1.70	837	9.16	370.54	1.02	222.90	4.61	4.90	23.71	2.68	15.19
	80	23.4	23.19	1.97	1.96	837	10.52	303.82	1.72	266.59	7.73	6.50	22.43	3.29	16.05
	80	30.1	30.05	2.17	2.17	837	11.67	260.10	1.61	192.44	7.23	6.73	17.92	3.53	20.08
	80	39.4	39.20	3.15	3.14	837	16.89	288.49	2.50	229.50	11.24	10.02	20.45	5.18	17.60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 80 km/h (ต่อ)

	Speed	Power	Diesel Sub	Oil T.	Ex T.	W_{in} T.	W_{Out} T.	Air T.	T_{amb}	P_{amb}	Correction Factor			Den Air	Smoke
	(km/h)	(kW)	%	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mmHg)	k	α	β	(kg/m^3)	
อว5277 (Diesel)	80	15.3	-	118	403	82	87	39	28.0	754.6	1.0022	1.0026	0.9996	1.16	0.14
	80	16.7	-	120	418	84	89	40	29.0	754.6	0.9989	0.9987	1.0002	1.16	0.14
	80	23.4	-	123	427	84	90	37	27.0	754.5	1.0054	1.0064	0.9991	1.17	0.02
	80	30.1	-	129	465	90	97	39	28.0	754.5	1.0021	1.0024	0.9996	1.16	0.08
	80	37.2	-	130	578	93	102	40	28.5	755.0	1.0011	1.0013	0.9998	1.16	0.36
อล9038 (DDF)	80	15.3	24.48	134	493	106	113	42	28.0	755.2	1.0030	1.0035	0.9995	1.16	0.02
	80	16.7	27.90	138	520	109	116	43	26.5	755.0	1.0078	1.0091	0.9987	1.17	0
	80	23.4	24.13	139	545	109	116	41	26.5	755.0	1.0078	1.0091	0.9987	1.17	0
	80	30.1	21.32	135	556	108	116	45	28.5	755.2	1.0013	1.0016	0.9998	1.16	0.06
	80	39.4	18.34	131	632	106	116	42	27.5	755.0	1.0044	1.0052	0.9992	1.16	1.94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-4 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 90 km/h

				Diesel					CNG			Total			
	Speed	Power	Crted Pow	m_f	Crted m_f	Density	FC	sfc	m_f	sfc	FC	Energy Consum		Cost	η_f
	(km/h)	(kW)	(kW)	g/sec	g/sec	(kg/m^3)	litres/100kms	g/kW.h	g/s	g/kW.h	kg/100km	MJ/km	(MJ/kW.h)	baht/km	%
อว5277 (Diesel)	90	18.8	18.68	2.75	2.74	837	13.08	527.45	-	-	-	4.65	22.42	3.27	16.06
	90	19.6	19.47	2.82	2.81	837	13.41	518.77	-	-	-	4.77	22.05	3.35	16.33
	90	26.3	26.13	3.10	3.09	837	14.76	425.42	-	-	-	5.25	18.08	3.69	19.91
	90	33.8	33.46	3.53	3.50	837	16.73	376.78	-	-	-	5.95	16.01	4.18	22.48
	90	39.9	39.64	4.40	4.37	837	20.90	397.08	-	-	-	7.43	16.88	5.22	21.33
อล9038 (DDF)	90	18.8	18.63	1.86	1.85	837	8.82	356.75	1.38	266.65	5.52	5.11	24.68	2.68	14.59
	90	19.6	19.43	1.94	1.92	837	9.18	355.90	1.33	245.99	5.31	5.16	23.91	2.75	15.06
	90	26.3	26.22	2.32	2.32	837	11.08	318.26	1.28	175.15	5.10	5.76	19.78	3.20	18.20
	90	33.8	33.69	2.55	2.55	837	12.18	272.23	1.47	157.54	5.90	6.44	17.19	3.55	20.94
	90	41.5	41.29	3.46	3.45	837	16.47	300.50	2.57	223.90	10.27	9.53	20.76	4.99	17.34

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-4 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 90 km/h (ต่อ)

	Speed	Power	Diesel Sub	Oil T.	Ex T.	W_{in} T.	W_{Out} T.	Air T.	T_{amb}	P_{amb}	Correction Factor			Den Air	Smoke
	(km/h)	(kW)	%	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mmHg)	k	α	β	(kg/m^3)	
อว5277 (Diesel)	90	18.8	-	123	432	84	90	37	27	754.6	1.0055	1.0065	0.9990	1.17	0.02
	90	19.6	-	123	431	84	89	36	27	754.6	1.0055	1.0065	0.9990	1.17	0.02
	90	26.3	-	130	450	89	95	38	27	754.5	1.0054	1.0064	0.9991	1.17	0.06
	90	33.8	-	135	523	93	99	38	26	754.5	1.0088	1.0103	0.9985	1.17	0.08
	90	39.9	-	135	601	94	101	39	27	754.6	1.0055	1.0065	0.9990	1.17	0.36
อล9038 (DDF)	90	18.8	32.53	138	536	106	113	46	26.5	754.9	1.0076	1.0090	0.9987	1.17	0.02
	90	19.6	31.56	140	525	109	115	41	26.5	754.9	1.0076	1.0090	0.9987	1.17	0.02
	90	26.3	24.96	140	584	108	116	46	28	755	1.0027	1.0032	0.9995	1.16	0.04
	90	33.8	27.24	142	572	110	119	45	28	755	1.0027	1.0032	0.9995	1.16	0.06
	90	41.5	21.17	136	654	105	117	42	27.5	754.9	1.0043	1.0050	0.9993	1.16	1.44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-5 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 100 km/h

				Diesel					CNG			Total			
	Speed	Power	Crted Pow	m_f	Crted m_f	Density	FC	sfc	m_f	sfc	FC	Energy Consum		Cost	η_f
	(km/h)	(kW)	(kW)	g/sec	g/sec	(kg/m^3)	litres/100kms	g/kW.h	g/s	g/kW.h	kg/100km	MJ/km	(MJ/kW.h)	baht/km	%
อว5277 (Diesel)	100	20.84	20.71	3.09	3.08	837	13.23	534.71	-	-	-	4.71	22.72	3.31	15.84
	100	24.7	24.54	3.33	3.31	837	14.23	485.27	-	-	-	5.06	20.62	3.56	17.46
	100	29.18	28.99	3.59	3.57	837	15.36	443.49	-	-	-	5.46	18.85	3.84	19.10
	100	37.52	37.86	4.33	4.37	837	18.78	415.13	-	-	-	6.68	17.64	4.69	20.40
	100	41	41.35	4.64	4.68	837	20.11	407.17	-	-	-	7.16	17.30	5.03	20.80
อล9038 (DDF)	100	20.84	20.78	2.11	2.11	837	9.07	365.44	1.50	259.31	5.39	5.15	24.79	2.73	14.52
	100	24.7	24.62	2.38	2.37	837	10.21	346.92	1.68	244.89	6.03	5.78	23.49	3.06	15.33
	100	29.18	29.03	2.51	2.50	837	10.75	309.80	2.22	275.78	8.01	6.68	23.01	3.37	15.64
	100	37.52	37.33	3.05	3.04	837	13.06	292.71	2.10	202.48	7.56	7.34	19.67	3.91	18.30
	100	40.9	40.93	3.87	3.87	837	16.66	340.67	1.17	102.97	4.21	7.43	18.15	4.52	19.83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-5 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติบน Chassis Dynamometerที่ความเร็ว 100 km/h (ต่อ)

	Speed	Power	Diesel Sub	Oil T.	Ex T.	W_{in} T.	W_{Out} T.	Air T.	T_{amb}	P_{amb}	Correction Factor			Den Air	Smoke
	(km/h)	(kW)	%	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(mmHg)	k	α	β	(kg/m^3)	
อว5277 (Diesel)	100	20.84	-	132	429	89	95	37	27	754.6	1.0055	1.0065	0.9990	1.17	0.06
	100	24.7	-	137	470	93	99	39	27	754.6	1.0055	1.0065	0.9990	1.17	0.08
	100	29.18	-	139	507	97	103	39	27	754.6	1.0055	1.0065	0.9990	1.17	0.02
	100	37.52	-	140	512	97	193	42	31	754.7	0.9925	0.9911	1.0013	1.15	0.3
	100	41	-	139	550	100	106	43	31	755	0.9928	0.9916	1.0013	1.15	0.48
อล9038 (DDF)	100	20.84	31.42	140	554	106	115	45	28	754.9	1.0026	1.0031	0.9995	1.16	0.02
	100	24.7	28.26	140	576	110	118	43	28	754.9	1.0026	1.0031	0.9995	1.16	0.02
	100	29.18	30.04	142	536	106	114	43	27.5	754.9	1.0043	1.0050	0.9993	1.16	0.06
	100	37.52	30.46	142	536	105	113	43	27.5	754.9	1.0043	1.0050	0.9993	1.16	0.14
	100	40.9	17.18	140	600	105	116	41	29	755	0.9994	0.9993	1.0001	1.16	5.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-6 แสดงข้อมูลจากการทดสอบที่ความเร็วคงที่ในสภาวะแวดล้อมจริงจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

Test fuel	Run number	Gear	Vehicle velocity	Fuel flow rate (sec/100 ml)			Average temperature(°C)						
			(km/hr)	1	2	3	water in	water out	Eng oil	Ambient	Fuel in tank	intake manifold	exhaust
ดา5277 Diesel	1	4	60	73.30	72.73	73.02	54	82	104	28	21	39	226
	2	4	70	55.80	55.93	55.28	60	81	107	28	25	37	263
	3	4	80	43.88	44.07	44.14	68	83	112	28	25	37	325
	4	5	60	81.50	81.57	81.86	47	81	99	28	20	42	218
	5	5	70	63.48	63.16	63.68	57	82	105	29	25	41	257
	6	5	80	50.94	50.29	50.54	63	82	109	28	26	38	298
ดค9038 DDF	8	4	60	104.80	104.48	104.50	56	81	103	26	20	38	263
	9	4	70	78.29	78.31	78.21	69	82	108	29	25	43	340
	10	4	80	56.95	57.02	56.96	72	82	112	27	24	44	407
	11	5	60	126.48	126.50	126.24	52	80	100	26	20	44	257
	12	5	70	89.90	90.04	89.90	58	81	103	26	22	40	296
	13	5	80	66.17	66.00	66.16	65	82	107	26	24	40	373

ตารางที่ ค-6 แสดงข้อมูลจากการทดสอบที่ความเร็วคงที่ในสภาวะแวดล้อมจริงจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ(ต่อ)

Test fuel	Run number	Gear	Vehicle velocity	Diesel Consumption	Diesel Consumption				CNG					STEC	%Subtitute
				(cc/sec)					Distance	ปริมาณ CNG	Consumption				
			(km/hr)	Average	cc/km	MJ/km	km/litre	litre/100km	km	kg	kg/km	MJ/km	kg/100km	MJ/km	%
ดา5277 Diesel	1	4	60	1.37	82.46	2.93	12.13	8.25	-	-	-	-	-	2.93	-
	2	4	70	1.80	93.26	3.32	10.72	9.33	-	-	-	-	-	3.32	-
	3	4	80	2.27	102.63	3.65	9.74	10.26	-	-	-	-	-	3.65	-
	4	5	60	1.22	73.61	2.62	13.58	7.36	-	-	-	-	-	2.62	-
	5	5	70	1.58	81.64	2.90	12.25	8.16	-	-	-	-	-	2.90	-
	6	5	80	1.98	89.44	3.18	11.18	8.94	-	-	-	-	-	3.18	-
ดล9038 DDF	8	4	60	0.95	57.15	2.03	17.50	5.71	182	7.94	0.04	1.56	4.36	3.59	30.70
	9	4	70	1.28	65.69	2.34	15.22	6.57	182	7.27	0.04	1.43	3.99	3.76	29.56
	10	4	80	1.76	78.98	2.81	12.66	7.90	182	8.48	0.05	1.66	4.66	4.47	23.05
	11	5	60	0.79	47.47	1.69	21.07	4.75	182	7.15	0.04	1.40	3.93	3.09	35.52
	12	5	70	1.11	57.44	2.04	17.41	5.74	182	6.93	0.04	1.36	3.81	3.40	29.64
	13	5	80	1.51	68.07	2.42	14.69	6.81	182	7.84	0.04	1.54	4.31	3.96	23.89

ตารางที่ ค-7 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

Date	ระยะทางใช้งาน	ปริมาณ Diesel	Diesel Consumption				Date	ระยะทางใช้งาน	ปริมาณ Diesel	Diesel Consumption			
	kms	litre	km/litre	litre/km	litre/100km	MJ/km		kms	litre	km/litre	litre/km	litre/100km	MJ/km
21 Nov 06	361	33.13	10.50	0.10	9.52	3.39	4 Dec 06	17851	165.91	8.63	0.12	11.59	4.12
22 Nov 06	1739	144.16	9.56	0.10	10.46	3.72	5 Dec 06	18736	109.61	8.07	0.12	12.39	4.41
23 Nov 06	2944	113.97	10.57	0.09	9.46	3.36	6 Dec 06	19185	52.41	8.57	0.12	11.67	4.15
24 Nov 06	4211	160.76	7.88	0.13	12.69	4.51	7 Dec 06	20679	176.55	8.46	0.12	11.82	4.20
25 Nov 06	5390	129.65	9.09	0.11	11.00	3.91	8 Dec 06	22081	163.43	8.58	0.12	11.66	4.15
26 Nov 06	6800	160.54	8.78	0.11	11.39	4.05	9 Dec 06	23525	168.88	8.55	0.12	11.70	4.16
27 Nov 06	8179	154.57	8.92	0.11	11.21	3.99	10 Dec 06	24948	164.08	8.67	0.12	11.53	4.10
28 Nov 06	9542	151.58	8.99	0.11	11.12	3.96	11 Dec 06	26316	157.23	8.70	0.11	11.49	4.09
29 Nov 06	10902	152.63	8.91	0.11	11.22	3.99	12 Dec 06	27746	168.74	8.47	0.12	11.80	4.20
30 Nov 06	12284	150.59	9.18	0.11	10.90	3.88	13 Dec 06	28979	140.69	8.76	0.11	11.41	4.06
1 Dec 06	13731	163.51	8.85	0.11	11.30	4.02	14 Dec 06	29696	86.74	8.27	0.12	12.10	4.30
2 Dec 06	15155	157.02	9.07	0.11	11.03	3.92	15 Dec 06	31133	165.84	8.66	0.12	11.54	4.11
3 Dec 06	16420	147.69	8.57	0.12	11.68	4.15	16 Dec 06	32311	147.37	7.99	0.13	12.51	4.45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-7 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล(ต่อ)

Date	ระยะทางใช้งาน	ปริมาณ Diesel	Diesel Consumption			
	kms	litre	km/litre	litre/km	litre/100km	MJ/km
17 Dec 06	33687	163.10	8.44	0.12	11.85	4.22
18 Dec 06	34732	124.52	8.39	0.12	11.92	4.24
19 Dec 06	35989	142.36	8.83	0.11	11.33	4.03
20 Dec 06	37309	145.47	9.07	0.11	11.02	3.92
21 Dec 06	38510	134.33	8.94	0.11	11.18	3.98
22 Dec 06	39189	76.28	8.90	0.11	11.23	4.00
23 Dec 06	39813	67.71	9.22	0.11	10.85	3.86
24 Dec 06	40430	70.29	8.78	0.11	11.39	4.05
25 Dec 06	41208	85.36	9.11	0.11	10.97	3.90

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-8 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

Date	ระยะทางใช้งาน	Diesel					Diesel Subtitute	CNG					STEC
		ปริมาณ Diesel	Consumption					ปริมาณ CNG	CNG Consumption				
	kms	litre	km/litre	litre/km	litre/100km	MJ/km	%	kg	km/kg	kg/km	kg/100km	MJ/km	MJ/km
22 Nov 06	1738	68.99	12.96	0.08	7.72	2.75	26.24	40.86	21.88	0.05	4.57	1.63	4.38
23 Nov 06	3078	108.61	12.34	0.08	8.11	2.88	14.31	69.00	19.42	0.05	5.15	1.84	4.72
24 Nov 06	4212	92.62	12.24	0.08	8.17	2.91	35.63	60.26	18.82	0.05	5.31	1.90	4.80
25 Nov 06	5906	137.74	12.30	0.08	8.13	2.89	26.06	85.14	19.90	0.05	5.03	1.79	4.69
26 Nov 06	6805	76.22	11.79	0.08	8.48	3.02	25.53	52.82	17.02	0.06	5.88	2.10	5.11
27 Nov 06	8179	108.37	12.68	0.08	7.89	2.81	29.64	78.48	17.51	0.06	5.71	2.04	4.84
28 Nov 06	9545	102.31	13.35	0.07	7.49	2.66	32.66	74.56	18.32	0.05	5.46	1.95	4.61
29 Nov 06	10907	106.15	12.83	0.08	7.79	2.77	30.56	76.90	17.71	0.06	5.65	2.02	4.79
30 Nov 06	12292	105.69	13.10	0.08	7.63	2.71	29.96	78.05	17.75	0.06	5.64	2.01	4.73
1 Dec 06	13740	118.77	12.19	0.08	8.20	2.92	27.42	80.98	17.88	0.06	5.59	2.00	4.91
2 Dec 06	15128	107.37	12.93	0.08	7.74	2.75	29.85	76.80	18.07	0.06	5.53	1.98	4.73
3 Dec 06	16435	101.17	12.92	0.08	7.74	2.75	33.70	76.11	17.17	0.06	5.82	2.08	4.83
4 Dec 06	17869	110.36	12.99	0.08	7.70	2.74	33.62	83.37	17.20	0.06	5.81	2.08	4.81
6 Dec 06	19105	106.72	11.58	0.09	8.63	3.07	26.03	63.92	19.34	0.05	5.17	1.85	4.92

ตารางที่ ค-8 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ (ต่อ)

Date	ระยะทางใช้งาน	Diesel					Diesel Subtitute	CNG					STEC
		ปริมาณ Diesel	Consumption					ปริมาณ CNG	CNG Consumption				
	kms	litre	km/litre	litre/km	litre/100km	MJ/km	%	kg	km/kg	kg/km	kg/100km	MJ/km	MJ/km
7 Dec 06	20577	123.33	11.94	0.08	8.38	2.98	29.10	76.00	19.37	0.05	5.16	1.84	4.82
8 Dec 06	21962	120.83	11.46	0.09	8.72	3.10	25.16	70.89	19.54	0.05	5.12	1.83	4.93
9 Dec 06	23405	124.96	11.55	0.09	8.66	3.08	25.96	75.95	19.00	0.05	5.26	1.88	4.96
10 Dec 06	24828	124.27	11.45	0.09	8.73	3.11	24.26	73.94	19.25	0.05	5.20	1.85	4.96
11 Dec 06	25530	60.67	11.57	0.09	8.64	3.07	24.80	37.17	18.89	0.05	5.30	1.89	4.96
12 Dec 06	26961	125.34	11.42	0.09	8.76	3.12	25.77	81.23	17.62	0.06	5.68	2.03	5.14
13 Dec 06	28395	123.50	11.61	0.09	8.61	3.06	24.52	77.60	18.48	0.05	5.41	1.93	5.00
14 Dec 06	29632	107.46	11.51	0.09	8.69	3.09	28.19	68.46	18.07	0.06	5.53	1.98	5.07
15 Dec 06	31071	117.74	12.22	0.08	8.18	2.91	29.11	78.50	18.33	0.05	5.46	1.95	4.86
16 Dec 06	32242	97.27	12.04	0.08	8.31	2.95	33.60	65.19	17.96	0.06	5.57	1.99	4.94
17 Dec 06	33581	114.66	11.68	0.09	8.56	3.05	27.75	68.83	19.45	0.05	5.14	1.84	4.88
18 Dec 06	34730	96.98	11.85	0.08	8.44	3.00	29.17	64.99	17.68	0.06	5.66	2.02	5.02
19 Dec 06	35997	106.43	11.90	0.08	8.40	2.99	25.83	69.21	18.31	0.05	5.46	1.95	4.94
20 Dec 06	37309	105.80	12.40	0.08	8.06	2.87	26.83	71.30	18.40	0.05	5.43	1.94	4.81

ตารางที่ ค-8 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้ และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ (ต่อ)

Date	ระยะทางใช้งาน	Diesel					Diesel Subtitute	CNG					STEC
		ปริมาณ Diesel	Consumption					ปริมาณ CNG	CNG Consumption				
	kms	litre	km/litre	litre/km	litre/100km	MJ/km	%	kg	km/kg	kg/km	kg/100km	MJ/km	MJ/km
21 Dec 06	38511	100.39	11.97	0.08	8.35	2.97	25.33	62.54	19.22	0.05	5.20	1.86	4.83
22 Dec 06	39189	56.55	11.99	0.08	8.34	2.97	25.76	33.09	20.49	0.05	4.88	1.74	4.71
23 Dec 06	39820	49.92	12.64	0.08	7.91	2.81	27.09	33.93	18.60	0.05	5.38	1.92	4.73
24 Dec 06	40439	54.85	11.28	0.09	8.86	3.15	22.21	31.86	19.43	0.05	5.15	1.84	4.99
25 Dec 06	41217	60.67	12.82	0.08	7.80	2.77	28.92	39.76	19.57	0.05	5.11	1.82	4.60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-9 แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล

Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.	Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.
	kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°		kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°
23 Nov 07	333548	2437	39	402	73	83	117	32	1 Dec 07	344158	13047	42	410	77	85	119	34
23 Nov 07	334168	3057	35	394	70	83	117	29	1 Dec 07	344861	13750	36	401	71	83	117	29
24 Nov 07	334754	3643	40	389	73	84	117	32	2 Dec 07	345497	14386	40	384	75	84	119	33
24 Nov 07	335342	4231	35	387	70	83	116	28	2 Dec 07	346246	15135	36	379	71	83	118	28
25 Nov 07	335969	4858	41	392	75	84	117	33	3 Dec 07	346893	15782	40	390	75	84	118	32
25 Nov 07	336648	5537	35	393	70	83	116	28	3 Dec 07	347560	16449	35	380	71	83	117	27
26 Nov 07	337301	6190	40	385	74	84	117	32	4 Dec 07	348289	17178	39	388	75	84	119	32
26 Nov 07	337931	6820	35	398	70	83	116	28	4 Dec 07	348982	17871	36	414	72	83	118	28
27 Nov 07	338650	7539	41	392	75	84	117	33	5 Dec 07	349269	18158	38	385	74	83	119	30
27 Nov 07	339304	8193	36	391	71	84	117	29	5 Dec 07	349881	18770	35	388	72	84	120	28
28 Nov 07	340022	8911	40	385	74	83	118	32	6 Dec 07	350315	19204	38	369	73	84	119	30
28 Nov 07	340672	9561	35	382	70	83	117	28	7 Dec 07	351112	20001	40	387	75	84	119	32
29 Nov 07	341385	10274	40	385	74	84	118	32	7 Dec 07	351810	20699	36	400	71	83	117	28
29 Nov 07	342032	10921	36	380	70	83	116	29	8 Dec 07	352510	21399	40	379	74	84	118	32
30 Nov 07	342750	11639	40	352	73	83	118	32	8 Dec 07	353211	22100	34	382	69	82	116	27
30 Nov 07	343441	12330	35	381	70	82	117	28	9 Dec 07	353919	22808	39	374	74	84	118	32

ตารางที่ ค-9 แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล(ต่อ)

Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.	Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.
	kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°		kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°
9 Dec 07	354656	23545	34	387	70	83	117	27	17 Dec 07	364134	33023	34	389	71	83	118	27
10 Dec 07	355376	24265	39	363	74	83	119	32	17 Dec 07	364819	33708	29	375	67	82	117	22
10 Dec 07	356105	24994	35	385	71	83	119	28	18 Dec 07	365180	34069	34	366	69	83	117	27
11 Dec 07	356777	25666	39	381	74	84	118	32	18 Dec 07	365864	34753	29	394	66	82	115	22
11 Dec 07	357465	26354	35	379	71	83	118	28	19 Dec 07	366574	35463	36	373	70	83	117	27
12 Dec 07	358182	27071	40	356	74	83	118	32	19 Dec 07	367149	36038	31	357	66	82	117	23
12 Dec 07	358896	27785	35	414	70	83	117	27	20 Dec 07	367816	36705	35	375	70	83	118	27
13 Dec 07	359615	28504	39	354	74	84	119	32	20 Dec 07	368441	37330	30	350	66	82	117	22
13 Dec 07	360120	29009	34	376	70	83	119	27	21 Dec 07	369125	38014	34	362	71	83	118	26
14 Dec 07	360846	29735	37	372	69	83	117	25	21 Dec 07	369642	38531	27	377	62	82	114	19
15 Dec 07	361565	30454	38	379	72	83	118	31	22 Dec 07	370319	39208	34	359	70	82	117	26
15 Dec 07	362265	31154	32	365	69	83	118	25	23 Dec 07	370943	39832	34	377	70	83	117	26
16 Dec 07	362721	31610	36	395	72	83	119	29	24 Dec 07	371561	40450	33	372	69	83	118	26
16 Dec 07	363442	32331	30	414	67	83	117	23	25 Dec 07	372338	41227	34	358	70	83	118	26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-10 แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.	Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.
	kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°		kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°
23 Nov 07	322401	2436	42	481	83	90	121	32	30 Nov 07	331611	11646	43	504	87	95	125	32
23 Nov 07	323021	3056	37	477	77	85	117	29	30 Nov 07	332303	12338	39	486	82	90	122	28
24 Nov 07	323608	3643	41	477	82	89	120	32	1 Dec 07	333021	13056	44	500	89	97	126	34
24 Nov 07	324197	4232	36	482	77	85	117	28	1 Dec 07	333726	13761	39	512	84	93	123	29
25 Nov 07	324825	4860	42	475	83	90	122	33	2 Dec 07	334363	14398	44	495	88	97	126	33
25 Nov 07	325453	5488	37	497	79	87	120	28	2 Dec 07	335112	15147	38	496	82	92	123	28
26 Nov 07	326156	6191	42	494	84	92	124	32	3 Dec 07	335760	15795	43	494	88	96	126	32
26 Nov 07	326789	6824	39	497	81	87	120	28	3 Dec 07	336429	16464	37	497	82	91	122	27
27 Nov 07	327510	7545	43	486	85	93	122	33	4 Dec 07	337159	17194	41	497	87	96	126	32
27 Nov 07	328158	8193	37	483	79	87	119	29	4 Dec 07	337854	17889	36	502	82	92	122	28
28 Nov 07	328879	8914	41	476	83	91	121	32	5 Dec 07	338132	18167	40	480	86	96	125	30
28 Nov 07	329529	9564	38	481	80	88	119	28	6 Dec 07	338441	18476	40	486	60	78	116	30
29 Nov 07	330243	10278	41	483	84	92	122	32	6 Dec 07	339116	19151	35	476	55	77	115	28
29 Nov 07	330892	10927	40	490	81	89	119	29	7 Dec 07	339846	19881	41	481	63	79	115	32

ตารางที่ ค-10 แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ(ต่อ)

Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.	Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.
	kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°		kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°
7 Dec 07	340543	20578	38	486	60	78	116	28	15 Dec 07	350357	30392	39	464	65	79	116	31
8 Dec 07	341244	21279	41	470	64	79	115	32	15 Dec 07	351057	31092	33	452	57	76	115	25
8 Dec 07	341946	21981	36	470	59	77	115	27	16 Dec 07	351614	31649	38	463	63	79	116	29
9 Dec 07	342654	22689	41	477	66	79	116	32	16 Dec 07	352227	32262	32	441	56	77	115	23
9 Dec 07	343389	23424	36	477	59	77	115	27	17 Dec 07	352920	32955	36	456	63	78	116	27
10 Dec 07	344110	24145	41	486	67	79	117	32	17 Dec 07	353586	33621	31	444	56	78	115	22
10 Dec 07	344840	24875	36	472	62	77	116	28	18 Dec 07	354032	34067	36	458	62	79	116	27
11 Dec 07	345534	25569	36	480	63	79	116	28	18 Dec 07	354715	34750	31	460	56	78	116	22
12 Dec 07	346250	26285	41	481	65	78	116	32	19 Dec 07	355425	35460	37	460	62	79	116	27
12 Dec 07	346965	27000	37	476	61	77	116	27	19 Dec 07	357001	37036	31	454	56	77	115	23
13 Dec 07	347684	27719	41	483	66	79	117	32	20 Dec 07	356669	36704	36	456	61	78	116	27
13 Dec 07	348400	28435	35	468	60	77	115	27	20 Dec 07	357294	37329	30	442	54	77	114	22
14 Dec 07	348920	28955	40	479	65	79	117	31	21 Dec 07	357980	38015	35	453	61	78	116	26
14 Dec 07	349637	29672	36	456	60	77	115	25	21 Dec 07	358496	38531	27	429	48	76	114	19

ตารางที่ ค-10 แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ(ต่อ)

Date	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน	Intake T.	Exh T.	W.In T.	W.Out T.	lub T.	Amb T.
	kms	kms	C°	C°	C°	C°	C°	C°
22 Dec 07	359174	39209	36	452	60	78	116	26
23 Dec 07	359806	39841	36	454	62	79	116	26
24 Dec 07	360424	40459	36	465	62	79	117	26
25 Dec 07	361202	41237	36	445	62	79	116	26

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-11 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

อว5277(Diesel)				อล9038(DDF)			
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number	Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number
29 Nov 07	340672	9561	0.7	29 Nov 07	329529	9564	0.33
30 Nov 07	342032	10921	0.68	30 Nov 07	330892	10927	0.29
30 Nov 07	342750	11639	0.72	30 Nov 07	331611	11646	0.29
1 Dec 07	343441	12330	0.67	1 Dec 07	332303	12338	0.21
1 Dec 07	344158	13047	0.87	1 Dec 07	333021	13056	0.48
2 Dec 07	344861	13750	0.80	2 Dec 07	333726	13761	0.20
2 Dec 07	345497	14386	0.99	2 Dec 07	334363	14398	0.61
3 Dec 07	346246	15135	0.67	3 Dec 07	335112	15147	0.34
3 Dec 07	346893	15782	0.84	3 Dec 07	335760	15795	0.44
4 Dec 07	347560	16449	0.50	4 Dec 07	336429	16464	0.34
4 Dec 07	348289	17178	0.76	4 Dec 07	337159	17194	0.34
5 Dec 07	348982	17871	0.62	-	-	-	-
5 Dec 07	349269	18158	0.76	5 Dec 07	337854	17889	0.41
6 Dec 07	349881	18770	0.69	6 Dec 07	338132	18167	0.35
6 Dec 07	350315	19204	0.99	6 Dec 07	338441	18476	0.55

ตารางที่ ค-11 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ(ต่อ)

อว5277(Diesel)				อล9038(DDF)			
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number	Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number
7 Dec 07	350384	19273	0.61	7 Dec 07	339116	19151	0.41
7 Dec 07	351112	20001	0.93	7 Dec 07	339846	19881	0.37
8 Dec 07	351810	20699	0.83	8 Dec 07	340543	20578	0.34
8 Dec 07	352510	21399	0.64	8 Dec 07	341245	21280	0.33
9 Dec 07	353211	22100	0.50	9 Dec 07	341946	21981	0.49
9 Dec 07	353919	22808	0.78	10 Dec 07	343389	23424	0.39
10 Dec 07	354656	23545	0.78	10 Dec 07	344110	24145	0.25
10 Dec 07	355376	24265	0.98	11 Dec 07	344840	24875	0.40
11 Dec 07	356105	24994	0.63	12 Dec 07	345534	25569	0.27
11 Dec 07	356777	25666	0.81	12 Dec 07	346250	26285	0.46
12 Dec 07	357465	26354	0.73	13 Dec 07	346965	27000	0.42
12 Dec 07	358182	27071	0.85	13 Dec 07	347684	27719	0.55
13 Dec 07	358896	27785	0.40	14 Dec 07	348400	28435	0.43
13 Dec 07	359615	28504	0.96	14 Dec 07	348920	28955	0.30

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-11 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ(ต่อ)

อว5277(Diesel)				อล9038(DDF)			
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number	Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number
15 Dec 07	360846	29735	0.83	15 Dec 07	349637	29672	0.19
15 Dec 07	361565	30454	0.74	15 Dec 07	350357	30392	0.35
16 Dec 07	362265	31154	0.80	16 Dec 07	351057	31092	0.18
16 Dec 07	362721	31610	0.62	16 Dec 07	351614	31649	0.27
17 Dec 07	363442	32331	0.62	17 Dec 07	352227	32262	0.27
17 Dec 07	364137	33026	0.80	17 Dec 07	352920	32955	0.34
18 Dec 07	364819	33708	0.78	18 Dec 07	353586	33621	0.33
18 Dec 07	365180	34069	0.97	18 Dec 07	354032	34067	0.37
19 Dec 07	365864	34753	0.77	19 Dec 07	354715	34750	0.37
19 Dec 07	366574	35463	0.99	19 Dec 07	355425	35460	0.47
20 Dec 07	367149	36038	0.61	20 Dec 07	356001	36036	0.21
20 Dec 07	367816	36705	0.69	20 Dec 07	356669	36704	0.33
21 Dec 07	368441	37330	0.87	21 Dec 07	357294	37329	0.23
21 Dec 07	369125	38014	0.51	21 Dec 07	357980	38015	0.27

ตารางที่ ค-11 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถตู้จากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ(ต่อ)

อว5277(Diesel)				อล9038(DDF)			
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number	Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number
22 Dec 07	369642	38531	0.51	22 Dec 07	358496	38531	0.31
22 Dec 07	370370	39259	0.57	22 Dec 07	359174	39209	0.37
23 Dec 07	370943	39832	0.79	23 Dec 07	359806	39841	0.29
24 Dec 07	371561	40450	0.96	24 Dec 07	360424	40459	0.49
25 Dec 07	372338	41227	0.77	25 Dec 07	361202	41237	0.23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-12 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะลน4335และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

Date	Using Diesel					Date	Using Diesel				
	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน(kms)	Litres	km/litre	litre/100km		Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน (kms)	Litres	km/litre	litre/100km
19 Nov 06	226835		20.13			16 Jan 07	233051	6185	37.27	16.90	5.92
21 Nov 06	227050	184	18.12	11.87	8.43	18 Jan 07	233766	6900	50.31	14.21	7.04
22 Nov 06	227242	376	14.22	13.50	7.41	24 Jan 07	234229	7363	27.22	17.01	5.88
23 Nov 06	227567	701	22.65	14.35	6.97	28 Jan 07	234649	7783	23.61	17.79	5.62
24 Nov 06	227887	1021	20.14	15.89	6.29	2 Feb 07	235058	8192	25.73	15.90	6.29
29 Nov 06	228113	1247	16.26	13.90	7.19	4 Feb 07	235527	8661	27.18	17.26	5.80
30 Nov 06	228481	1615	25.28	14.56	6.87	14 Feb 07	235918	9052	26.05	15.01	6.66
1 Dec 06	228757	1891	15.73	17.55	5.70	21 Feb 07	236372	9506	26.51	17.13	5.84
4 Dec 06	229222	2356	28.26	16.45	6.08	28 Feb 07	237015	10149	43.61	14.74	6.78
7 Dec 06	229882	3016	38.41	17.18	5.82	2 Mar 07	237444	10578	24.74	17.34	5.77
10 Dec 06	230240	3374	21.91	16.34	6.12	8 Mar 07	237931	11065	29.87	16.30	6.13
18 Dec 06	230648	3782	26.57	15.36	6.51	14 Mar 07	238255	11389	21.33	15.19	6.58
19 Dec 06	231237	4371	42.21	13.95	7.17	21 Mar 07	238643	11777	23.04	16.84	5.94
28 Dec 06	231709	4843	30.85	15.30	6.54	30 Mar 07	239216	12350	35.66	16.07	6.22
4 Jan 07	232421	5555	39.06	18.23	5.49	3 Apr 07	239592	12726	23.51	15.99	6.25

ตารางที่ ค-12 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะลน4335และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ(ต่อ)

Date	Using Diesel					Date	Using Diesel				
	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน(kms)	Litres	km/litre	litre/100km		Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน (kms)	Litres	km/litre	litre/100km
9 Apr 07	239996	13130	26.01	15.53	6.44	4 Jun 07	243898	17032	43.68	17.51	5.71
12 Apr 07	240468	13602	25.57	18.46	5.42	9 Jun 07	244330	17464	24.47	17.65	5.66
16 Apr 07	240906	14040	25.68	17.06	5.86	11 Jun 07	244710	17844	21.57	17.62	5.68
21 Apr 07	241319	14453	25.98	15.90	6.29	13 Jun 07	245308	18442	32.36	18.48	5.41
30 Apr 07	241812	14946	32.75	15.05	6.64	19 Jun 07	245682	18816	23.99	15.59	6.41
12 May 07	242217	15351	26.05	15.55	6.43	20 Jun 07	246126	19260	24.84	17.87	5.59
24 May 07	242767	15901	32.75	16.79	5.95	21 Jun 07	246494	19628	23.47	15.68	6.38
27 May 07	243133	16267	21.76	16.82	5.95	24 Jun 07	247070	20204	34.68	16.61	6.02

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-13 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะ ลน4335และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

Date	Using NGV					Date	Using NGV				
	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน (kms)	kg	km/kg	kg/100km		Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน (kms)	kg	km/kg	kg/100km
18 Nov 06	226551		N/A			4 Jan 07	232421	5555	13.79	25.24	3.96
21 Nov 06	227050	184	11.34			10 Jan 07	232725	5859	13.51	22.50	4.44
23 Nov 06	227567	701	7.38	70.05	1.43	16 Jan 07	233051	6185	11.89	27.42	3.65
24 Nov 06	227887	1021	11.82	27.07	3.69	17 Jan 07	233333	6467	8.49	33.22	3.01
29 Nov 06	228113	1247	10.28	21.98	4.55	18 Jan 07	233766	6900	10.85	39.91	2.51
30 Nov 06	228481	1615	10.72	34.33	2.91	19 Jan 07	234044	7178	10.58	26.28	3.81
3 Dec 06	228910	2044	10.36	41.41	2.41	26 Jan 07	234305	7439	10.76	24.26	4.12
4 Dec 06	229222	2356	11.61	26.87	3.72	28 Jan 07	234667	7801	13.81	26.21	3.81
5 Dec 06	229595	2729	11.18	33.36	3.00	30 Jan 07	234747	7881	5.92	13.51	7.40
7 Dec 06	229914	3048	10.83	29.46	3.39	30 Jan 07	235058	8192	9.16	33.95	2.95
10 Dec 06	230240	3374	14.34	22.73	4.40	3 Feb 07	235422	8556	12.04	30.23	3.31
18 Dec 06	230648	3782	14.02	29.10	3.44	10 Feb 07	235789	8923	15.39	23.85	4.19
21 Dec 06	231409	4543	23.42	32.49	3.08	17 Feb 07	236111	9245	12.58	25.60	3.91
28 Dec 06	231709	4843	13.31	22.54	4.44	21 Feb 07	236465	9599	12.42	28.50	3.51
1 Jan 07	232073	5207	11.21	32.47	3.08	26 Feb 07	236859	9993	15.13	26.04	3.84

ตารางที่ ค-13 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะ ลน4335และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ (ต่อ)

Date	Using NGV					Date	Using NGV				
	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน (kms)	kg	km/kg	kg/100km		Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน (kms)	kg	km/kg	kg/100km
28 Feb 07	237270	10404	15.38	26.72	3.74	14 May 07	242294	15428	11.04	30.71	3.26
5 Mar 07	237805	10939	15.91	33.63	2.97	19 May 07	242549	15683	12.51	20.38	4.91
14 Mar 07	238243	11377	11.96	36.62	2.73	24 May 07	242859	15993	10.76	28.81	3.47
20 Mar 07	238393	11527	6.38	23.51	4.25	27 May 07	243133	16267	10.99	24.93	4.01
24 Mar 07	238732	11866	12.31	27.54	3.63	29 May 07	243375	16509	11.96	20.23	4.94
26 Mar 07	238974	12108	9.28	26.08	3.83	31 May 07	243662	16796	11.28	25.44	3.93
1 Apr 07	239402	12536	11.05	38.73	2.58	4 Jun 07	243898	17032	10.85	21.75	4.60
6 Apr 07	239685	12819	11.21	25.25	3.96	6 Jun 07	244149	17283	9.41	26.67	3.75
9 Apr 07	239936	13070	14.24	17.63	5.67	9 Jun 07	244330	17464	9.59	18.87	5.30
12 Apr 07	240282	13416	8.74	39.59	2.53	10 Jun 07	244609	17743	11.56	24.13	4.14
13 Apr 07	240555	13689	10.91	25.02	4.00	13 Jun 07	244899	18033	9.42	30.79	3.25
16 Apr 07	240906	14040	10.19	34.45	2.90	15 Jun 07	245244	18378	11.33	30.45	3.28
24 Apr 07	241482	14616	10.68	53.93	1.85	16 Jun 07	245533	18667	11.64	24.83	4.03
27 Apr 07	241691	14825	10.88	19.21	5.21	19 Jun 07	245870	19004	13.52	24.93	4.01
5 May 07	241955	15089	14.51	18.19	5.50	20 Jun 07	246126	19260	8.88	28.83	3.47

ตารางที่ ค-13 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองก๊าซธรรมชาติระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะ ลน4335และผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ (ต่อ)

Date	Using NGV				
	Vehicle mileage	ระยะทางใช้งาน (kms)	kg	km/kg	kg/100km
21 Jun 07	246460	19594	12.55	26.61	3.76
22 Jun 07	246759	19893	9.95	30.05	3.33
24 Jun 07	247070	20204	12.32	25.24	3.96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-14 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถกระบะและผลการคำนวณจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติ

Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke Number	Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke Number
20 Nov 06	226866	0		6 Mar 07	237820	10954	0.09
24 Nov 06	227868	1002		22 Mar 07	238676	11810	0.19
1 Dec 06	228742	1876	0.12	9 Apr 07	239897	13031	0.07
6 Dec 06	229783	2917	0.04	23 Apr 07	241350	14484	0.14
18 Dec 06	230693	3827	0.06	9 May 07	242158	15292	0.12
2 Jan 07	232241	5375	0.08	24 May 07	242886	16020	0.11
15 Jan 07	233030	6164	0.09	1 Jun 07	243677	16811	0.10
18 Jan 07	233730	6864	0.05	11 Jun 07	244651	17785	0.12
29 Jan 07	234681	7815	0.08	18 Jun 07	245643	18777	0.09
13 Feb 07	235884	9018	0.09	25 Jun 07	247101	20235	0.11
26 Feb 07	236872	10006	0.05	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-15 แสดงข้อมูลอุณหภูมิของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 เมื่อใช้น้ำมันดีเซล วันที่ 30 ม.ค.50

Date	30 Jan 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	20	3.7	-	-	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
10.21								ICD
11.35	30	342	60	63	84	26	50	ถนนเลียบสนามบิน
11.48	31	360	63	67	90	27	50	เข้าบางนา-ตราด กม.19
11.51	33	332	62	66	91	26	40	
11.54	33	380	62	66	91	26	50	
12.06	31	381	65	67	93	26	50	กม.25
	31	385	64	67	92	25	50	กม.34
12.13	31	382	64	67	93	25	55	
12.15	31	394	64	67	93	25	55	กม.41
12.19	32	378	60	68	93	25	43	กม.46
12.24	32	382	65	68	93	25	55	กม.49
12.31	34	380	67	68	94	26		
12.39	40	360	67	70	93	33	20	ทางชันหน้าเขาเขียว
13.51								ท่าเรือแหลมฉบัง
19.05	30	423	65	69	96	27	40	บางนา-ตราด กม.54
19.52								เข้า ICD

ตารางที่ ค-16 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 10 ก.พ.50

Date	10 Feb 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	21	3.7	-	-	
Time	Intake T.(c°)	Exh T.(c°)	W.in T.(c°)	W. Out T.(c°)	Oil T.(c°)	Amb T.(c°)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
15.37	40	385	74	78	98	31	50	กม.19
15.40	40	363	74	79	97	31	40	กม.21
15.44	39	371	73	77	98	31	55	กม.24
15.47	40	413	74	78	99	31	60	กม.27
16.00	35	409	74	78	98	31	50	กม.39
16.03	39	406	75	78	99	31		กม.42
16.05	39	434	75	78	100	29	60	กม.44
16.09	38	402	73	77	98	28	60	กม.47
16.11	37	437	73	77	100	27	65	กม.49
16.12	36	420	71	76	99	28	63	กม.51
16.24								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
16.50	37	434	71	75	100	29	63	ก่อนทางชันเขาเขียว
16.53	38	453	73	76	100	29	10	ทางชันหน้าเขาเขียว
17.52								ท่าเรือแหลมฉบัง
19.43	31	354	72	61	88	25		กม.53
19.45	31	353	74	61	88	25		กม.51

ตารางที่ ค-16 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 10 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
19.48	31	360	76	61	86	25		กม.48
19.52	31	351	73	62	87	25		กม.44
19.57	31	325	74	61	85	26		กม.38
20.00	31	350	71	62	86	25	50	กม.36
20.03	31	352	73	61	86	25	60	กม.34
20.05	31	328	70	62	85	25	50	กม.32
20.07	31	330	70	62	86	26	58	กม.30
20.09	31	310	73	62	84	25		กม.28
20.12	31	330	71	62	85	25	50	กม.26
20.15	32	350	71	62	86	25	60	กม.23
20.17	31	354	71	62	86	26	60	กม.21
20.19	32	359	73	62	87	26	68	กม.18
20.22	31	361	72	62	88	26	70	กม.16
20.53								เข้า ICD

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-17 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 11 ก.พ.50

Date	11 Feb 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	9.3	4.6	27.3	3.7	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
10.07								ICD
10.33	32	372	65	67	89	27	55	กม.17
10.36	32	382	65	67	92	27	63	กม.20
10.39	32	378	64	66	92	27		กม.23
10.41	31	374	64	66	92	27	60	กม.25
10.43	32	369	63	66	92	27	60	กม.27
10.45	32	340	63	65	90	27	50	กม.29
10.49	32	349	63	65	90	27	55	กม.32
10.51	32	360	63	65	90	27	60	กม.34
10.53	32	330	63	65	88	28	49	กม.36
10.58	32	362	64	66	90	28	60	กม.40
10.59	32	358	64	66	90	28	60	กม.42
11.02	32	384	64	66	91	27	65	กม.44
11.05	32	374	64	66	91	28	60	กม.47
11.07	32	372	64	66	91	28	60	กม.49
11.09	32	350	64	66	91	28	50	กม.51

ตารางที่ ค-17 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 11 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
11.17								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
11.20	34	410	68	71	93	30	53	ก่อนขึ้นสะพาน
11.23	31	425	70	72	96	30	50	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
11.28	31	345	67	69	93	32	60	ก่อนขึ้นสะพาน
11.30	35	381	67	69	95	31	40	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
11.32	35	405	67	81	96	31	45	สะพานแยกห้วยกะปิ
12.03	33	348	65	67	90	30	55	ก่อนขึ้นทางชันหน้าเขาเขียว Resort
12.04	33	392	66	69	92	30	20	ทางชันเขาเขียว Resort
12.29								ท่าเรือแหลมฉบัง
	33	358	62	65	89	27	60	ก่อนขึ้นสะพาน
16.16	34	354	61	65	88	28	50	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
16.26								เข้าบางนา-ตราด
16.33	34	318	63	65	86	27	60	กม.51
16.35	34	356	63	65	87	28	60	กม.49
16.37	33	385	62	65	90	27	70	กม.47
16.41	33	383	62	65	91	27	65	กม.43
16.48	33	383	63	66	91	27	63	กม.36
16.50	33	397	63	65	92	27	67	กม.34

ตารางที่ ค-17 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 11 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
16.53	32	398	63	66	91	27		กม.31
16.55	32	384	63	66	91	27	60	กม.29
16.57	33	375	63	66	92	27	60	กม.27
17.01	33	377	63	66	92	27	60	กม.23
17.03	33	368	63	65	32	27	60	กม.21
17.05	33	365	63	65	92	27		กม.19
17.35								ICD
18.54								เข้าบางนา-ตราด
19.03	35	416	71	76	94	25	50	กม.19
	35	405	70	75	94	26	48	กม.21
19.09	34	407	70	76	93	24	45	กม.24
19.11	34	403	70	76	93	25		กม.26
19.13	34	405	70	74	93	25	45	กม.28
19.23	34	393	65	74	92	25	50	กม.34
19.24	33	408	70	76	92	25	53	กม.36
19.30	34	407	70	74	93	25	43	กม.41
19.33	34	400	70	75	93	25	40	กม.43
19.35	34	426	70	75	93	25	53	กม.45

ตารางที่ ค-17 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 11 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
19.38	33	420	70	77	94	25	53	กม.47
19.40	34	426	70	77	94	25	53	กม.49
19.44	35	435	70	75	94	25	54	กม.52
19.51								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
20.47	34	393	67	72	90	24	40	ก่อนทางชันเขาเขียว resort
20.49	36	462	71	76	95	24	10	ทางชันเขาเขียว Resort
21.21								ท่าเรือแหลมฉบัง
22.15	29	403	64	70	88	24	60	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
22.28	28	327	58	66	83	24	60	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
22.54								บางนา-ตราด
22.57	30	332	58	66	83	25	62	กม.54
	30	343	67	68	84	25	66	กม.52
	30	344	67	59	84	25	60	กม.46
	31	356	68	61	85	25	65	กม.45
	30	358	66	60	86	25	67	กม.43
	30	358	66	60	86	25	65	กม.41
23.19	31	365	69	62	87	25	65	กม.34
23.20	31	352	68	62	86	25	60	กม.32

ตารางที่ ค-17 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 11 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
23.23	31	325	66	60	86	25		กม.30
23.25	31	339	66	61	85	25	65	กม.28
23.28	31	354	69	63	86	24	62	กม.26
23.29	31	356	69	61	86	25	60	กม.24
23.31	31	345	68	61	86	25	60	กม.22
23.34	31	355	67	61	85	25	60	กม.20
23.43								ถนนเลียบสนามบินสุวรรณภูมิ
23.49	31	332	69	61	85	25	65	
24.09								ถึง ICD

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-18 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 15 ก.พ.50

Date	15 Feb 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	24.6	3.7	-	-	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
14.08								ICD
15.32								เข้าบางนา-ตราด
15.36	40	452	75	78	102	31	47	กม 16
15.49	37	397	70	73	97	29	47	กม 27
15.52	37	385	70	73	96	29	45	กม 29
15.56	36	417	69	72	96	28	55	กม 32
	36	438	70	73	99	28	60	กม 38
	36	440	64	72	100	28	60	กม 40
16.05	37	450	70	73	100	28	60	กม 43
16.10	36	450	69	72	100	28	65	กม 45
16.12	36	459	69	72	95	28	60	กม 47
16.15	35	468	70	73	100	27	60	กม 49
16.17	37	454	69	72	100	27	60	กม 51
16.19	37	466	69	72	100	27	60	กม 53
16.25								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
16.28	40	478	78	80	101	25	67	ก่อนขึ้นสะพาน

ตารางที่ ค-18 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 15 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
16.31	46	484	76	79	103	28		สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
16.35	35	412	74	77	99	29		ก่อนขึ้นสะพาน
16.39	39	453	77	75	106	30	35	สะพานแยกห้วยกะปิ
17.16	38	252	66	68	83	30	20	ก่อนขึ้นทางชันหน้าเขาเขียว Resort
17.18	35	402	71	74	92	31	15	ทางชันเขาเขียว Resort
17.20	40	467	72	76	95	29	50	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
18.07								ท่าเรือแหลมฉบัง
20.18								บางนา ตราด
20.27	32	353	62	64	87	26	65	กม 50
28.29	32	372	62	64	85	28	60	กม 48
20.31	32	380	63	65	90	25	62	กม 46
20.33	32	379	62	64	90	25	65	กม.43
20.36	32	355	31	63	89	25	60	กม 40
20.43	33	389	63	69	91	25	60	กม 39
20.45	33	392	66	68	92	26	60	กม 33
20.47	33	392	72	68	92	25	63	กม 31
20.49	33	371	71	68	72	26	62	กม 29
20.51	34	353	70	67	90	25	50	กม 27

ตารางที่ ค-18 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 15 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
20.54	33	376	70	64	90	26	50	กม 24
21.05								ถนนเลียบสนามบินสุวรรณภูมิ
21.07	32	364	70	66	89	26	72	
21.11	32	344	68	64	88	25	68	
21.32								ICD

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-19 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 16 ก.พ.50

Date	16 Feb 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	19.3	3.7	-	-	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
13.53								ICD
15.13	36	430	72	74	97	31	55	ถนนเลียบสนามบิน
15.17	35	456	73	75	101	32	64	
15.22								เข้าบางนา ตราด
15.24	38	408	74	77	95	31	45	กม 17
15.27	36	423	73	77	99	31	55	กม 19
15.30	36	429	74	77	101	31	58	กม 21
15.34	36	435	74	77	102	31	55	กม 24
15.36	36	416	72	75	101	30	55	กม 26
15.38	35	418	70	73	55	25	60	กม 29
15.43	35	430	73	76	99	29	65	กม 33
15.46	35	370	69	72	97	30	40	กม 36
15.51	34	375	70	72	96	29	40	กม 40
15.54	35	418	72	74	98	30	55	กม 42
15.57	35	419	70	73	98	29	60	กม 45
16.01	35	424	71	73	98	29	50	กม 48

ตารางที่ ค-19 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 16 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
16.04	34	452	71	34	100	29	60	กม 50
16.08	34	442	70	73	100	28	60	กม 53
16.12								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
16.17	38	503	38	82	104	31	52	ก่อนขึ้นสะพาน
	38	516	75	83	105	32		สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
16.24	38	435	34	76	101	31		ก่อนขึ้นสะพาน
	37	459	74	78	103	31		สะพานข้ามแยกบ้านบึง
16.44								สะพานตรงแยกห้วยกะปิ
16.45	38	395	73	76	98	31	40	ก่อนขึ้นทางชันหน้าเขาเขียว Resort
16.48	31	452	75	78	101	31	10	ทางชันเขาเขียว Resort
16.50	35	454	77	82	102	31	48	ผ่านทางชันเร่งความเร็ว
16.59								แยกสวนเสือ
17.24								ท่าเรือแหลมฉบัง
								เข้าบางนา ตราด
22.41	32	343	69	63	89	25	48	กม 53
22.44	32	370	70	64	84	25	75	กม 51
22.46	32	343	68	64	85	24	60	กม 49
22.47	31	355	67	64	86	25	60	กม 47

ตารางที่ ค-19 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 16 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
22.45	31	367	68	63	86	24	65	กม 45
22.52	31	346	68	63	86	24	60	กม 43
22.58	31	334	67	62	85	25	62	กม 41
23.03	31	350	65	63	86	25	55	กม 33
23.17	32	342	70	65	84	26	53	กม 22
23.19	32	365	88	65	86	25	60	กม 20
23.24								ถนนเลียบสนามบิน
23.26	31	366	68	63	88	25	70	
23.28	30	366	68	62	90	25	75	
23.50								ICD

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-20 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 18 ก.พ.50

Date	18 Feb 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	18	4.6	-	-	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
10.30								ICD
11.52	37	111	60	60	67	35		idel
12.58	39	380	71	73	91	33	47	ถนนเลียบสนามบิน
13.01	39	397	71	73	93	32	50	
13.05								เข้าบางนา ตราด
13.36	38	391	69	71	94	30	60	กม 24
13.38	38	380	68	70	94	30	55	กม 26
13.41	38	380	68	70	94	30	55	กม 28
13.43	37	375	67	69	93	25	55	กม 30
13.45	37	402	69	71	94	30	60	กม 32
13.47	37	380	68	70	94	30	57	กม 34
13.50	38	400	68	70	94	30	58	กม 36
13.54	37	395	68	70	94	30	58	กม 40
13.56	37	392	68	70	95	30	55	กม 42
13.58	37	395	68	70	95	30	57	กม 44
14.01	37	350	68	70	95	25	55	กม 46

ตารางที่ ค-20 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 18 ก.พ.50

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
14.03	37	350	67	65	95	30	55	กม 48
14.05	36	382	68	70	94	29	53	กม 50
14.08	36	392	67	69	94	29	55	กม 52
14.09	36	388	67	69	54	25	55	กม 54
14.17								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
14.19	39	430	74	76	96	30	50	ก่อนสะพานข้ามแยกพนัสนิคม
	39	445	75	77	98	30	45	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
14.22	39	400	75	75	97	30	60	ก่อนสะพานข้ามแยกบ้านบึง
	39	413	73	76	97	32	42	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
14.27	39	378	73	76	95	32	55	ก่อนขึ้นสะพาน
	39	402	72	74	96	32		สะพานตรงแยกห้วยกะปิ
14.30	39	438	74	77	98	31	79	เกียร 5
14.47	39	380	70	72	97	32	50	ก่อนทางชันเขาเขียว Resort
14.49	39	477	74	76	103	32	30	ทางชันหน้าเขาเขียว resort
15.15								ท่าเรือแหลมฉบัง
17.26								เข้าบางนา-ตราด
17.31	33	365	62	65	90	27	65	กม 54
17.33	33	357	62	64	89	28	67	กม 52

ตารางที่ ค-20 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 18 ก.พ.50

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
17.34	33	340	67	67	85	28	55	กม 50
17.36	35	370	61	64	85	28	68	กม 48
17.39	33	375	63	65	90	27	72	กม 45
17.41	33	364	63	65	91	28	67	กม 43
17.43	33	358	67	65	91	27	68	กม 41
	33	360	63	65	91	27	70	กม 40
17.47	33	383	62	65	91	27	58	กม 36
17.49	33	383	64	65	92	27	65	กม 34
17.54	32	386	63	65	91	27	60	กม 30
17.56	33	377	63	66	92	27	62	กม 28
17.58	33	352	64	66	85	27	50	กม 26
18.00	33	353	65	65	89	27	60	กม 24
18.02	33	358	63	65	89	27	60	กม 22
18.04	33	364	63	65	85	27	60	กม 20
18.10								เข้าเลียบสนามบิน
18.17	33	337	60	63	89	27	68	
18.19	32	315	59	61	86	27	64	
18.36								ICD

ตารางที่ ค-21 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 19 ก.พ.50

Date	19 Feb 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	24	4.6	-	-	
Time	Intake T.(c^{o})	Exh T.(c^{o})	W.in T.(c^{o})	W. Out T.(c^{o})	Oil T.(c^{o})	Amb T.(c^{o})	Speed(km/h)	หมายเหตุ
10.28								ICD
10.51								เข้าบางนา-ตราด
10.54	34	426	71	74	98	30	56	กม.14
10.56	34	435	72	74	100	30	58	กม.19
10.58	34	430	72	74	100	30	58	กม.21
11.01	35	396	70	73	98	30	40	กม.23
11.09	34	423	71	74	99	25	55	กม.28
11.11	34	405	71	73	97	29	48	กม.30
11.14	35	424	73	75	99	29	55	กม.32
11.16	35	400	74	74	98	30	50	กม.34
11.21	35	439	73	76	100	28	55	กม.38
11.24	35	440	72	75	100	29	57	กม.40
11.26	35	430	72	74	100	29	53	กม.42
11.29	35	435	73	75	100	29	55	กม.45
11.33	36	410	73	75	99	29	48	กม.48
11.35	35	413	72	75	99	29	35	กม.50

ตารางที่ ค-21 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 19 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
11.45								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
	39	466	78	80	106	32	55	ก่อนสะพานข้ามแยกพนัสนิคม
11.51	39	473	79	81	106	32	45	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
11.54	39	440	74	77	105	32	70	ก่อนสะพานข้ามแยกบ้านบึง
	39	395	75	75	103	32	40	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
								สะพานแยกห้วยกะปิ
12.40	38	365	73	75	95	33	33	ก่อนชันหน้าเขาเขียว Resort
12.43	39	478	77	80	102	33	20	ชันหน้าเขาเขียว Resort
12.44	40	485	79	82	105	32	45	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
13.10								ท่าเรือแหลมฉบัง
16.17	35	347	66	68	52	30	65	ก่อนขึ้นสะพาน
	35	351	66	68	92	30	55	สะพานแยกห้วยกะปิ
16.29								เข้าบางนา-ตราด
16.35	37	362	70	70	92	31	62	กม.53
16.37	37	333	68	70	92	30	50	กม.51
16.35	37	325	69	69	90	30	48	กม.49
16.41	36	375	69	69	92	30	65	กม.47
16.43	35	382	65	68	93	29	67	กม.45

ตารางที่ ค-21 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 19 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
16.45	35	382	67	69	93	29	66	กม.43
16.47	35	380	66	68	93	29	69	กม.41
16.49	35	384	65	67	93	29	65	กม.39
16.52	35	379	66	68	93	28	60	กม.36
16.54	34	392	65	67	93	28	65	กม.34
16.57	34	380	65	67	93	29	55	กม.31
17.01	35	350	67	69	91	30	40	กม.28
17.04	35	328	67	69	93	29	60	กม.26
17.06	35	367	66	68	93	29	58	กม.24
17.08	34	363	67	67	92	30	55	กม.22
17.11	35	346	67	67	91	29	50	กม.19
17.57								ICD

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-22 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 20 ก.พ.50

Date	20 Feb 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	27.1	4.6	24	4.6	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
11.27	35	132	62	62	70	32		idle
11.34								ICD
12.04								เข้าบางนา-ตราด
12.09	38	411	73	76	100	30	48	กม.20
12.16	37	402	71	73	91	30		กม.24
12.18	38	405	70	73	99	30	50	กม.26
12.20	38	325	71	74	93	30	60	กม.28
12.22	38	423	71	74	100	29	55	กม.30
12.26	38	460	72	75	100	30	60	กม.33
12.28	38	450	73	76	100	30	40	กม.35
12.31	38	440	74	77	103	30	58	กม.37
12.33	39	440	73	76	102	30	55	กม.39
12.35	39	442	73	76	105	30	55	กม.41
12.37	39	412	73	76	100	36	43	กม.43
12.39	38	440	73	76	101	30	45	กม.45
12.42	38	440	75	78	98	30	46	กม.47

ตารางที่ ค-22 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 20 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
13.14								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
13.16	39	492	79	83	105	32	43	
13.19	39	497	83	86	106	32	30	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
13.24	39	444	80	82	106	32	65	ก่อนขึ้นสะพาน
								สะพานข้ามแยกบ้านบึง
13.46	42	413	77	77	102	34	40	ก่อนชันหน้าเขาเขียว Resort
	43	500	81	82	107	34	20	ชันหน้าเขาเขียว Resort
13.53	44	510	83	86	109	33	50	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
14.02	43	422	75	77	103	34	60	โค้งแยกสวนเสือ
14.20								ท่าเรือแหลมฉบัง
15.57	38	377	70	72	94	31	60	ก่อนสะพานข้ามแยกพนัสนิคม
	38	384	70	72	94	31	55	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
15.59								บางนา-ตราด
16.03	35	356	67	67	92	29	65	กม.54
16.05	35	376	70	68	93	30	74	กม.52
16.07	35	372	70	68	93	29	65	กม.50
16.09	35	400	69	68	94	31	70	กม.48
16.11	35	408	68	68	96	30	72	กม.45

ตารางที่ ค-22 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 20 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
16.13	34	399	68	68	96	30	72	กม.43
	35	390	69	68	96	30	75	กม.40
16.18	34	392	67	68	96	30	73	กม.38
16.19	35	402	69	69	96	31	64	กม.36
16.23	35	395	70	69	97	30	65	กม.33
16.24	35	400	72	70	97	30	70	กม.31
16.26	34	400	70	70	96	30	70	กม.29
16.29	34	398	69	72	96	30	65	กม.26
16.31	34	400	68	69	97	30	70	กม.24
16.33	35	393	68	69	96	31	68	กม.22
16.36	35	375	70	70	96	31	60	กม.19
16.55	37	344	71	67	91	30	70	เลียบสนามบิน
16.57	37	325	71	67	91	30	66	
17.14								ICD
19.10	36	447	72	70	90	26	52	เลียบสนามบิน
19.12	36	447	72	69	93	26	60	
19.20								เข้าบางนา-ตราด
19.29	36	404	77	72	93	27	50	กม.22

ตารางที่ ค-22 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 20 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
19.31	36	380	75	71	94	27	40	กม.24
	35	398	77	71	92	27	50	กม.26
19.36	35	396	77	71	93	27	50	กม.28
19.39	35	446	77	72	96	27	58	กม.31
19.41	36	429	76	74	96	27	55	กม.33
19.44	35	393	77	71	94	27	40	กม.35
19.46	35	403	75	74	94	27	47	กม.37
19.50	35	407	77	72	94	27	47	กม.40
19.54	36	403	77	72	94	27	45	กม.43
19.56	35	446	76	72	96	27	60	กม.45
19.59	36	434	74	70	96	27	55	กม.48
20.02	35	430	75	71	96	27	50	กม.50
20.05	37	430	76	71	93	27	60	กม.53
20.11								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
	37	318	67	69	91	28	55	ก่อนขึ้นสะพาน
20.38	37	338	68	70	91	28	27	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
21.00	35	419	67	69	95	25	60	ก่อนชันหน้าเขาเขียว Resort
21.03	35	480	72	74	98	25	20	ชันหน้าเขาเขียว Resort

ตารางที่ ค-22 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 20 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
21.05	37	475	72	74	99	25	40	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
21.29								ท่าเรือแหลมฉบัง
23.49	32	346	70	64	86	26	65	บางนาตราด กม.49
23.51	32	362	69	64	84	26	68	กม.47
23.53	32	364	68	63	87	26	68	กม.45
23.55	31	335	68	63	87	26	65	กม.43
23.56	31	345	68	63	87	26	65	กม.41
24.02	31	377	68	64	88	26	55	กม.36
24.06	32	370	68	64	88	26	60	กม.32
24.07	31	309	68	64	90	26	62	กม.30
24.10	31	370	68	64	85	26	62	กม.28
24.12	31	344	68	64	88	25	55	กม.26
24.14	31	340	68	64	88	25	50	กม.24
24.16	31	347	69	63	87	26	58	กม.22
	29	342	69	64	87	26	55	กม.20
24.36	30	340	67	60	85	25	65	เลียบสนามบิน
24.39	30	340	67	64	85	25	65	
24.51								ICD

ตารางที่ ค-23 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 28 ก.พ.50

Date	28 Feb 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	3.7	4.6	-	-	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
8.39								ถึงไทเองกอง ซ.ราม2
8.51	38	115	60	62	69	34		idle
11.10								ออกจากซอยเข้าบางนา-ตราด
11.15	36	354	66	68	85	30	55	กม.12
11.18	35	333	66	68	86	30	45	กม.14
11.21	34	358	67	70	89	30	40	กม.17
11.24	34	332	65	68	88	29	40	กม.19
11.27	34	340	65	68	89	30	50	กม.22
11.29	34	351	65	68	90	29	43	กม.24
11.33	34	356	65	68	92	29	55	กม.27
11.41	34	345	67	69	90	30	55	กม.34
	35	332	67	69	90	30	55	กม.38
	35	342	66	68	96	30	57	กม.39
11.47	35	341	66	68	91	30	57	กม.40
11.49	35	345	67	69	90	31	55	กม.42
11.52	35	396	67	69	92	31	75	กม.44

ตารางที่ ค-23 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 28 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
11.54	35	367	66	69	93	31	60	กม.47
12.26								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
12.29	37	415	71	74	95	32	75	ก่อนสะพานข้ามแยกพนัสนิคม
12.30	37	428	72	75	96	32	60	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
12.34	33	360	70	74	98	33	60	ก่อนสะพานข้ามแยกบ้านบึง
12.35	37	385	70	74	96	33	45	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
	37	392	71	74	98	34	65	ก่อนโค้งไปสะพานแยกห้วยกะปิ
12.37	37	405	71	74	98	34	52	ชันไปทางสะพานแยกห้วยกะปิ
12.42	37	400	71	74	98	94	56	ทางโค้งแยกสวนเสือ
12.58	39	350	70	74	97	35	45	ก่อนชันหน้าเขาเขียว Resort
13.01	40	399	76	79	99	35	20	ชันหน้าเขาเขียว Resort
13.02	40	413	73	78	101	35	58	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
13.34								ถึง Eng kong
								ท่าเรือแหลมฉบัง
16.03	38	352	65	69	95	32	60	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
16.20								บางนา-ตราด
16.26	38	376	69	72	93	30	65	กม.53
16.32	37	361	67	72	92	30	60	กม.48

ตารางที่ ค-23 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 28 ก.พ.50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
16.34	35	399	66	69	94	30	73	กม.46
16.35	35	392	65	68	94	30	70	กม.44
16.37	35	387	65	68	94	30	70	กม.42
16.39	35	383	65	68	94	30	70	กม.40
16.41	35	360	64	67	93	30	64	กม.38
16.42	35	370	66	69	93	30	65	กม.37
16.44	36	380	66	69	94	31	65	กม.35
16.46	36	382	66	69	94	30	67	กม.33
16.48	36	390	66	69	94	30	64	กม.31
16.49	34	402	65	69	95	30	68	กม.29
16.52	34	395	65	69	95	30	65	กม.27
16.54	36	382	66	70	95	30	60	กม.25
16.55	36	386	66	70	95	30	67	กม.23
	36	390	66	69	96	30	69	กม.21
16.59	36	386	66	69	95	31	65	กม.19
17.13	36	337	62	66	91	30	70	เลียบสนามบิน
17.54								ICD

ตารางที่ ค-24 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 2 มี.ค..50

Date	2 Mar 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	25.7	3.7	-	-	
Time	Intake T.(c°)	Exh T.(c°)	W.in T.(c°)	W. Out T.(c°)	Oil T.(c°)	Amb T.(c°)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
14.24								ICD
14.43	37	469	72	78	100	34	60	เลียบสนามบิน
14.49								บางนา-ตราด
14.58	36	420	72	77	100	31	48	กม.21
15.01	36	426	72	78	100	31	45	กม.23
15.03	36	457	72	78	103	31	58	กม.25
15.06	37	431	72	77	101	31	55	กม.27
15.08	36	409	71	76	100	30	50	กม.29
15.10	36	456	72	77	102	30	56	กม.31
15.13	36	450	71	76	103	30	62	กม.34
15.17	35	426	70	75	103	30	50	กม.37
	35	442	71	76	103	30	58	กม.39
15.21	35	433	71	76	102	30	48	กม.41
15.24	36	425	72	77	100	30	50	กม.43
15.26	36	412	72	77	100	30	47	กม.45
15.36	35	425	69	74	100	25	55	ช่วงกม.53

ตารางที่ ค-24 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 2 มี.ค..50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
15.44								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
15.59	30	330	65	70	95	30	60	ก่อนสะพานข้ามแยกบ้านบึง
	30	362	66	71	95	30	37	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
16.03	36	397	66	71	96	30	55	ก่อนขึ้นสะพาน
	36	437	69	74	98	30	30	สะพานแยกห้วยกะปิ
16.34	42	354	72	75	98	33		ก่อนชันหน้าเขาเขียว Resort
16.35	42	459	75	81	104	33	14	ชันหน้าเขาเขียว Resort
16.36	42	483	77	82	107	32	42	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
16.43	41	389	71	75	100	32	40	ชัน 4th
19.14								ท่าเรือแหลมฉบัง
19.28	32	373	60	65	87	26	63	แยกสวนเสือ
20.37	34	321	61	64	86	28	62	บางนา-ตราด กม.48
20.39	33	336	60	64	86	27	65	กม.46
20.41	33	340	60	64	87	28	66	กม.44
20.43	32	336	59	63	87	27	65	กม.42
20.53	33	336	60	64	86	27	60	กม.33
20.55	33	322	60	64	86	27	54	กม.31
22.17								ICD

ตารางที่ ค-25 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 4 มี.ค..50

Date	4 Mar 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	12.2	4	33	4	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
9.44								เข้า ICD
10.57	35	426	65	70	92	30	62	เลียบสนามบิน
10.59	34	446	65	70	94	29	65	
11.08	34	424	69	73	98	30	62	บางนา-ตราด กม.18
11.10	34	432	68	73	98	30	67	กม.20
11.12	34	436	68	73	98	30	65	กม.22
11.14	34	430	68	73	98	29	65	กม.24
11.16	34	430	68	73	98	30	66	กม.26
11.17	34	431	68	73	98	30	65	กม.28
11.26	35	418	68	73	98	36	65	กม.36
	35	432	68	72	99	30	65	กม.40
11.31	35	432	69	73	99	30	63	กม.42
11.33	35	435	69	73	99	29	72	กม.44
	35	430	70	74	100	29	75	กม.46
11.37	35	422	68	73	100	29	69	กม.48
11.47								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี

ตารางที่ ค-25 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 4 มี.ค..50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
11.51	37	492	75	81	104	33	58	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
11.54	39	401	72	76	102	33	75	ก่อนสะพานข้ามแยกบ้านบึง
11.55	39	409	71	76	102	33	53	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
12.49	37	414	69	75	97	33	60	ก่อนชันหน้าเขาเขียว Resort
12.50	37	496	73	79	103	33	40	ชันหน้าเขาเขียว Resort
12.51	37	503	74	80	105	31	65	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
14.47								ท่าเรือแหลมฉบัง
14.58	38	388	66	71	93	31	70	แยกสวนเสือ
		326	64	68	92	31	60	ก่อนขึ้นสะพาน
15.26	38	345	66	70	92	31	65	สะพานแยกห้วยกะปิ
	38	339	65	69	92	32	55	ก่อนสะพานข้ามแยกบ้านบึง
	38	382	68	72	95	32	62	ก่อนสะพานข้ามแยกพนัสนิคม
15.34	38	384	68	72	95	32	52	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
15.49	37	383	65	70	94	30	68	บางนา-ตราด กม.49
15.55	36	398	65	69	95	30	69	กม.43
15.57	36	392	66	70	95	31	73	กม.41
15.58	36	397	65	69	95	30	66	กม.39
	36	393	64	69	95	30	60	กม.38

ตารางที่ ค-25 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 4 มี.ค..50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
	36	396	64	69	95	30	60	กม.37
16.03	35	406	66	71	95	30	60	กม.35
16.04	36	397	65	70	95	30	65	กม.33
16.06	36	407	66	71	96	30	65	กม.31
16.08	35	408	65	70	96	30	66	กม.29
16.11	34	408	66	70	96	30	62	กม.27
16.12	35	395	65	70	95	30	65	กม.25
16.14	35	398	65	69	96	30	63	กม.23
16.16	36	388	64	69	95	30	63	กม.21
16.33	36	328	62	66	91	30	65	เลียบสนามบิน
16.34	36	324	61	65	90	30	65	
16.50								ICD
19.21	33	488	68	73	96	27	55	เลียบสนามบิน
19.24	33	493	69	75	98	27	57	
20.00	32	439	68	72	91	27	49	บางนา-ตราด กม.21
20.04	33	459	69	74	95	27	50	กม.24
20.06	31	466	70	75	97	27	53	กม.26
20.08	33	458	70	75	98	27	48	กม.28

ตารางที่ ค-25 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 4 มี.ค..50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
20.11	33	452	70	75	98	27	48	กม.30
20.14	33	475	72	77	100	27	53	กม.32
20.16	33	466	71	76	100	27	51	กม.34
20.18	33	458	71	76	100	27	54	กม.36
20.23	33	460	71	76	101	27	52	กม.40
20.25	33	470	71	76	101	27	54	กม.42
20.27	33	464	70	76	101	27	55	กม.44
20.33	34	461	72	77	102	27	58	กม.49
20.35	35	430	71	76	102	27	58	กม.51
20.37	35	453	72	76	102	27	59	กม.53
20.44								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
	36	488	74	80	104	27	45	ก่อนขึ้นสะพาน
20.49	37	496	76	85	106	27	30	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
20.53	38	375	70	73	108	27	60	ก่อนสะพาน
	38	388	71	74	100	27	40	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
20.57	34	410	67	72	97	27	51	ก่อนสะพานห้วยกะปิ
	34	445	70	75	99	27	20	สะพานห้วยกะปิ
	33	416	67	72	95	25	47	ก่อนชันหน้าเขาเขียว Resort

ตารางที่ ค-25 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 4 มี.ค..50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
21.22	36	476	71	77	99	25	15	ชันหน้าเขาเขียว Resort
21.24	36	492	74	80	101	25	25	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
22.36								ท่าเรือแหลมฉบัง
23.30	30	321	54	58	84	26	66	ก่อนขึ้นสะพาน
23.31	30	345	56	60	85	26	55	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
23.35	31	356	58	62	86	26	64	ก่อนขึ้นสะพาน
23.36	31	372	59	63	87	26	56	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
23.40								บางนา-ตราด
23.49	32	355	58	62	86	26	65	กม.48
23.51	31	354	58	62	86	26	64	กม.46
23.58	32	352	58	62	86	26	65	กม.39
24.20	32	362	61	66	89	80	42	กม.21
24.34	31	325	57	61	85	26	65	เลียบสนามบิน
24.36	31	321	56	60	84	26	63	
24.53								ICD

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-26 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 7 มี.ค..50

Date	7 Mar 07			ขาที่1	ขาที่2	ขาที่3	ขาที่4	
			น้ำหนักบรรทุก(ตัน)	27.3	4.6	-	-	
Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
12.38								เข้า ICD
13.29	40	472	70	76	100	32	59	เลียบสนามบิน
13.31	41	472	71	76	101	32	61	
13.41	41	404	73	78	102	32	40	บางนา-ตราด กม.19
13.43	41	402	71	76	100	32	48	กม.21
13.51	40	424	71	76	100	31	54	กม.27
	40	450	70	75	100	31	58	กม.30
13.56	40	451	71	76	102	31	62	กม.32
13.58	40	443	70	75	101	31	63	กม.34
14.01	39	416	69	74	100	31	54	กม.36
	40	432	70	74	100	30	58	กม.38
14.05	40	415	70	74	100	31	54	กม.40
14.07	40	431	69	74	100	31	61	กม.42
14.09	39	445	69	74	101	31	64	กม.44
14.13	40	415	69	74	101	30	55	กม.48
14.17	38	413	68	73	99	30	56	กม.52

ตารางที่ ค-26 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 7 มี.ค..50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
17.25								เข้าถนนเลี่ยงเมืองชลบุรี
14.30	43	496	76	82	104	32	50	ก่อนสะพานข้ามแยกพนัสนิคม
14.31	43	495	76	82	105	32	38	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
14.41	42	384	73	78	99	34	65	ก่อนสะพานข้ามแยกบ้านบึง
14.42	42	382	74	79	99	34	40	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
14.44	42	395	71	76	99	33	54	ก่อนชัน
	42	448	73	78	101	33	36	5th สะพานแยกห้วยกะปิ
16.03	43	370	69	72	92	33	30	ก่อนชันหน้าเขาเขียว Resort
16.04	44	482	77	80	99	33	28	ชันหน้าเขาเขียว Resort
16.07	44	507	78	84	103	33	45	ผ่านเขาเขียว Resort แล้วเร่งความเร็ว
18.18								ท่าเรือแหลมฉบัง
	33	303	62	66	87	29	60	ก่อนขึ้นสะพาน
19.19	33	336	63	67	88	29	54	สะพานแยกห้วยกะปิ
	33	330	61	65	88	28	60	ก่อนขึ้นสะพาน
19.21	33	336	61	65	88	28	39	สะพานข้ามแยกบ้านบึง
	34	362	63	67	90	28	65	ก่อนขึ้นสะพาน
19.28	34	376	63	67	91	28	55	สะพานข้ามแยกพนัสนิคม
20.03	34	305	62	66	84	29	45	บางนา-ตราด กม.51

ตารางที่ ค-26 แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 วันที่ 7 มี.ค..50 (ต่อ)

Time	Intake T.(c^o)	Exh T.(c^o)	W.in T.(c^o)	W. Out T.(c^o)	Oil T.(c^o)	Amb T.(c^o)	Speed(km/h)	หมายเหตุ
20.07	34	306	62	66	84	29	47	กม.48
20.09	34	347	60	65	87	28	69	กม.46
20.11	34	348	60	64	87	28	69	กม.44
20.13	33	340	60	64	88	28	64	กม.42
20.14	33	333	59	63	87	27	63	กม.40
	35	349	60	64	88	27	60	กม.37
20.22	33	358	62	65	89	27	60	กม.33
20.24	33	359	62	65	89	27	60	กม.31
20.26	33	365	62	65	89	26	60	กม.29
20.28	33	354	60	65	88	26	60	กม.27
20.30	33	358	60	65	89	26	60	กม.25
	33	358	61	65	89	26	62	กม.24
20.33	33	358	61	64	89	26	63	กม.22
20.37	37	360	61	65	89	27		กม.19
20.47	32	347	60	64	89	27	68	เลียบสนามบิน
20.48	32	338	59	63	88	26	69	
21.08								ICD

ตารางที่ ค-27 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
11 มี.ค. 50	0	4.15	1050.0	50	5.1	19.8	7.0	1250	4.94	55.34	4.6	21.9	7.8	470.41	1.86	1720.41	6.80	14.84	3.58	1.64
12 มี.ค. 50	525	18.33	9620.6	125	4.2	23.8	8.5	3125	5.95	116.64	4.5	22.2	7.9	991.44	1.89	4116.44	7.84	16.40	0.90	0.43
13 มี.ค. 50	798	14.80	4040.4	64	4.3	23.4	8.3	1600	5.86	55.05	5.0	20.2	7.2	467.88	1.71	2067.88	7.57	15.54	1.05	0.51
14 มี.ค. 50	1292	10.03	4952.4	105	4.7	21.3	7.6	2625	5.31	100.57	4.9	20.4	7.3	854.85	1.73	3479.85	7.04	14.83	1.48	0.70
15 มี.ค. 50	1811	13.23	6863.8	126	4.1	24.3	8.6	3150	6.07	99.82	5.2	19.2	6.9	848.47	1.63	3998.47	7.70	15.50	1.17	0.58
16 มี.ค. 50	2081	7.55	2038.5	50	5.4	18.5	6.6	1250	4.63	41.41	6.5	15.3	5.5	351.97	1.30	1601.97	5.93	12.06	1.60	0.79
16 มี.ค. 50	2357	15.95	4402.2	60	4.6	21.7	7.7	1500	5.43	68.55	4.0	24.8	8.9	582.67	2.11	2082.67	7.55	16.60	1.04	0.47
17 มี.ค. 50	2882	17.03	8938.1	125	4.2	23.8	8.5	3125	5.95	120.17	4.4	22.9	8.2	1021.45	1.95	4146.45	7.90	16.64	0.98	0.46
18 มี.ค. 50	3139	8.75	2248.8	55	4.7	21.4	7.6	1375	5.35	56.84	4.5	22.1	7.9	483.11	1.88	1858.11	7.23	15.51	1.77	0.83
19 มี.ค. 50	3941	13.18	10573.0	170	4.7	21.2	7.5	4250	5.30	155.91	5.1	19.4	6.9	1325.24	1.65	5575.24	6.95	14.48	1.10	0.53
21 มี.ค. 50	4212	11.70	3170.7	60	4.5	22.1	7.9	1500	5.54	49.15	5.5	18.1	6.5	417.78	1.54	1917.78	7.08	14.35	1.23	0.60
22 มี.ค. 50	5028	15.27	12457.6	172	4.7	21.1	7.5	4300	5.27	149.42	5.5	18.3	6.5	1270.07	1.56	5570.07	6.83	14.04	0.92	0.45

ตารางที่ ค-27 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
23 มี.ค. 50	5304	11.40	3146.4	60	4.6	21.7	7.7	1500	5.43	58.47	4.7	21.2	7.6	497.00	1.80	1997.00	7.24	15.30	1.34	0.63
24 มี.ค. 50	5823	10.25	5319.8	105	4.9	20.2	7.2	2625	5.06	109.77	4.7	21.2	7.6	933.05	1.80	3558.05	6.86	14.75	1.44	0.67
25 มี.ค. 50	6359	10.43	5587.8	110	4.9	20.5	7.3	2750	5.13	98.47	5.4	18.4	6.6	837.00	1.56	3587.00	6.69	13.86	1.33	0.64
26 มี.ค. 50	6901	14.64	7934.3	105	5.2	19.4	6.9	2625	4.84	96.71	5.6	17.8	6.4	822.00	1.52	3447.00	6.36	13.26	0.91	0.43
28 มี.ค. 50	7439	18.85	10139.1	122	4.4	22.7	8.1	3050	5.67	113.43	4.7	21.1	7.5	964.17	1.79	4014.17	7.46	15.59	0.83	0.40
29 มี.ค. 50	7709	15.95	4306.5	65	4.2	24.1	8.6	1625	6.02	54.87	4.9	20.3	7.3	466.41	1.73	2091.41	7.75	15.82	0.99	0.49
30 มี.ค. 50	8229	15.54	8079.9	120	4.3	23.1	8.2	3000	5.77	139.83	3.7	26.9	9.6	1188.54	2.29	4188.54	8.05	17.81	1.15	0.52
31 มี.ค. 50	8513	14.00	3976.0	55	5.2	19.4	6.9	1375	4.84	60.43	4.7	21.3	7.6	513.69	1.81	1888.69	6.65	14.49	1.03	0.48
1 เม.ย. 50	9035	12.95	6759.9	105	5.0	20.1	7.2	2625	5.03	118.15	4.4	22.6	8.1	1004.27	1.92	3629.27	6.95	15.24	1.18	0.54
3 เม.ย. 50	9546	18.98	9696.2	106	4.8	20.7	7.4	2650	5.19	111.92	4.6	21.9	7.8	951.32	1.86	3601.32	7.05	15.20	0.80	0.37
4 เม.ย. 50	9831	19.20	5472.0	60	4.8	21.1	7.5	1500	5.26	63.76	4.5	22.4	8.0	541.96	1.90	2041.96	7.16	15.48	0.81	0.37
5 เม.ย. 50	10357	16.58	8718.5	110	4.8	20.9	7.4	2750	5.23	118.39	4.4	22.5	8.0	1006.32	1.91	3756.32	7.14	15.47	0.93	0.43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-27 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
8 เม.ย. 50	10888	13.71	7282.0	112	4.7	21.1	7.5	2800	5.27	113.26	4.7	21.3	7.6	962.71	1.81	3762.71	7.09	15.12	1.10	0.52
9 เม.ย. 50	11420	10.01	5326.7	100	5.3	18.8	6.7	2500	4.70	123.63	4.3	23.2	8.3	1050.86	1.98	3550.86	6.67	14.98	1.50	0.67
21 เม.ย. 50	12216	17.21	13696.1	190	4.2	23.9	8.5	4750	5.97	175.09	4.5	22.0	7.9	1488.27	1.87	6238.27	7.84	16.34	0.95	0.46
22 เม.ย. 50	12494	28.90	8034.2	60	4.6	21.6	7.7	1500	5.40	67.61	4.1	24.3	8.7	574.69	2.07	2074.69	7.46	16.36	0.57	0.26
23 เม.ย. 50	13024	18.15	9616.9	110	4.8	20.8	7.4	2750	5.19	124.07	4.3	23.4	8.4	1054.60	1.99	3804.60	7.18	15.74	0.87	0.40
28 เม.ย. 50	13308	15.35	4359.4	61	4.7	21.5	7.6	1525	5.37	59.86	4.7	21.1	7.5	508.84	1.79	2033.84	7.16	15.17	0.99	0.47
29 เม.ย. 50	14124	18.16	14819.9	175	4.7	21.4	7.6	4375	5.36	179.72	4.5	22.0	7.9	1527.58	1.87	5902.58	7.23	15.49	0.85	0.40
2 พ.ค. 50	14649	9.86	5177.8	100	5.3	19.0	6.8	2500	4.76	114.54	4.6	21.8	7.8	973.59	1.85	3473.59	6.62	14.56	1.48	0.67
3 พ.ค. 50	15979	13.95	18558.5	300	4.4	22.6	8.0	7500	5.64	279.00	4.8	21.0	7.5	2371.50	1.78	9871.50	7.42	15.51	1.11	0.53
6 พ.ค. 50	16794	22.15	18053.6	185	4.4	22.7	8.1	4625	5.67	179.82	4.5	22.1	7.9	1528.49	1.88	6153.49	7.55	15.95	0.72	0.34
8 พ.ค. 50	17319	15.98	8389.5	120	4.4	22.9	8.1	3000	5.71	105.57	5.0	20.1	7.2	897.31	1.71	3897.31	7.42	15.31	0.96	0.46
9 พ.ค. 50	17847	19.23	10152.1	115	4.6	21.8	7.7	2875	5.45	116.13	4.5	22.0	7.9	987.12	1.87	3862.12	7.31	15.60	0.81	0.38
11 พ.ค. 50	18132	5.85	1667.3	56	5.1	19.6	7.0	1400	4.91	62.41	4.6	21.9	7.8	530.46	1.86	1930.46	6.77	14.81	2.53	1.16

ตารางที่ ค-27 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-0910 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
12 พ.ค. 50	18670	16.49	8873.0	116	4.6	21.6	7.7	2900	5.39	108.22	5.0	20.1	7.2	919.85	1.71	3819.85	7.10	14.85	0.90	0.43
13 พ.ค. 50	19463	13.44	10657.9	165	4.8	20.8	7.4	4125	5.20	175.22	4.5	22.1	7.9	1489.40	1.88	5614.40	7.08	15.29	1.14	0.53
14 พ.ค. 50	19743	9.30	2604.0	55	5.1	19.6	7.0	1375	4.91	75.69	3.7	27.0	9.7	643.34	2.30	2018.34	7.21	16.64	1.79	0.78
15 พ.ค. 50	20270	16.46	8674.4	110	4.8	20.9	7.4	2750	5.22	110.18	4.8	20.9	7.5	936.56	1.78	3686.56	7.00	14.89	0.90	0.42
17 พ.ค. 50	20793	9.66	5049.6	105	5.0	20.1	7.1	2625	5.02	103.29	5.1	19.7	7.1	877.98	1.68	3502.98	6.70	14.19	1.47	0.69
19 พ.ค. 50	21866	13.63	14626.3	217	4.9	20.2	7.2	5425	5.06	198.85	5.4	18.5	6.6	1690.20	1.58	7115.20	6.63	13.81	1.01	0.49
13 มิ.ย. 50	22404	10.68	5743.2	116	4.6	21.6	7.7	2900	5.39	162.24	3.3	30.2	10.8	1379.01	2.56	4279.01	7.95	18.44	1.73	0.75
14 มิ.ย. 50	22922	18.38	9518.3	110	4.7	21.2	7.6	2750	5.31	127.66	4.1	24.6	8.8	1085.11	2.09	3835.11	7.40	16.35	0.89	0.40
15 มิ.ย. 50	23460	20.60	11082.8	120	4.5	22.3	7.9	3000	5.58	147.35	3.7	27.4	9.8	1252.48	2.33	4252.48	7.90	17.71	0.86	0.38
16 มิ.ย. 50	24030	17.23	9818.3	125	4.6	21.9	7.8	3125	5.48	98.19	5.8	17.2	6.1	834.62	1.46	3959.62	6.95	13.95	0.81	0.40
17 มิ.ย. 50	24546	11.08	5714.7	105	4.9	20.3	7.2	2625	5.09	103.45	5.0	20.0	7.2	879.33	1.70	3504.33	6.79	14.40	1.30	0.61
18 มิ.ย. 50	25070	14.70	7702.8	110	4.8	21.0	7.5	2750	5.25	107.27	4.9	20.5	7.3	911.80	1.74	3661.80	6.99	14.78	1.01	0.48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-28 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3427

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
19พ.ค.50	274	14.13	3871.6	65	4.2	23.7	8.4	1625	5.93	53.81	5.1	19.6	7.0	457.39	1.67	2082.39	7.60	15.45	1.09	0.54
19พ.ค.50	784	7.29	3715.4	95	5.4	18.6	6.6	2375	4.66	97.81	5.2	19.2	6.8	831.39	1.63	3206.39	6.29	13.47	1.85	0.86
20พ.ค.50	1290	15.37	7774.7	125	4.0	24.7	8.8	3125	6.18	101.45	5.0	20.0	7.2	862.33	1.70	3987.33	7.88	15.95	1.04	0.51
21พ.ค.50	1558	17.78	4763.7	65	4.1	24.3	8.6	1625	6.06	65.74	4.1	24.5	8.8	558.82	2.09	2183.82	8.15	17.39	0.98	0.46
22พ.ค.50	1829	12.10	3279.1	63	4.3	23.2	8.3	1575	5.81	58.14	4.7	21.5	7.7	494.21	1.82	2069.21	7.64	15.93	1.32	0.63
23พ.ค.50	2348	9.85	5113.4	122	4.3	23.5	8.4	3050	5.88	117.61	4.4	22.7	8.1	999.65	1.93	4049.65	7.80	16.45	1.67	0.79
25พ.ค.50	2869	7.62	3967.4	117	4.5	22.5	8.0	2925	5.61	106.87	4.9	20.5	7.3	908.43	1.74	3833.43	7.36	15.31	2.01	0.97
26พ.ค.50	3363	15.31	7560.7	116	4.3	23.5	8.4	2900	5.87	77.29	6.4	15.6	5.6	656.97	1.33	3556.97	7.20	13.94	0.91	0.47
27พ.ค.50	3634	7.22	1955.3	61	4.4	22.5	8.0	1525	5.63	66.15	4.1	24.4	8.7	562.27	2.07	2087.27	7.70	16.72	2.32	1.07
28พ.ค.50	4131	13.36	6641.2	105	4.7	21.1	7.5	2625	5.28	87.31	5.7	17.6	6.3	742.11	1.49	3367.11	6.77	13.79	1.03	0.51
29พ.ค.50	4649	15.05	7795.9	123	4.2	23.7	8.4	3075	5.94	108.01	4.8	20.9	7.4	918.10	1.77	3993.10	7.71	15.89	1.06	0.51
1มิ.ย.50	4930	8.15	2290.2	48	5.9	17.1	6.1	1200	4.27	52.94	5.3	18.8	6.7	450.02	1.60	1650.02	5.87	12.80	1.57	0.72
2มิ.ย.50	5214	10.70	3038.8	54	5.3	19.0	6.8	1350	4.75	57.67	4.9	20.3	7.2	490.18	1.73	1840.18	6.48	14.01	1.31	0.61

ตารางที่ ค-28 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3427(ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
4มิ.ย.50	5487	10.90	2975.7	58	4.7	21.2	7.6	1450	5.31	56.81	4.8	20.8	7.4	482.86	1.77	1932.86	7.08	14.99	1.37	0.65
5มิ.ย.50	5777	18.50	5365.0	80	3.6	27.6	9.8	2000	6.90	65.88	4.4	22.7	8.1	559.98	1.93	2559.98	8.83	17.92	0.97	0.48
6มิ.ย.50	6047	16.03	4326.8	59	4.6	21.9	7.8	1475	5.46	59.59	4.5	22.1	7.9	506.49	1.88	1981.49	7.34	15.65	0.98	0.46
7มิ.ย.50	6323	12.44	3432.1	60	4.6	21.7	7.7	1500	5.43	56.49	4.9	20.5	7.3	480.17	1.74	1980.17	7.17	15.04	1.21	0.58
8มิ.ย.50	6592	14.04	3776.8	64	4.2	23.8	8.5	1600	5.95	51.56	5.2	19.2	6.8	438.24	1.63	2038.24	7.58	15.31	1.09	0.54
9มิ.ย.50	6863	7.95	2154.5	55	4.9	20.3	7.2	1375	5.07	52.42	5.2	19.3	6.9	445.57	1.64	1820.57	6.72	14.13	1.78	0.85
10มิ.ย.50	7148	9.97	2840.0	57	5.0	20.0	7.1	1425	5.00	47.78	6.0	16.8	6.0	406.13	1.43	1831.13	6.43	13.10	1.31	0.64
11มิ.ย.50	7415	19.38	5173.1	95	2.8	35.6	12.7	2375	8.90	49.10	5.4	18.4	6.6	417.35	1.56	2792.35	10.46	19.22	0.99	0.54
13มิ.ย.50	7709	9.35	2748.9	75	3.9	25.5	9.1	1875	6.38	51.73	5.7	17.6	6.3	439.71	1.50	2314.71	7.87	15.36	1.64	0.84
14มิ.ย.50	7979	6.95	1876.5	62	4.4	23.0	8.2	1550	5.74	55.74	4.8	20.6	7.4	473.79	1.75	2023.79	7.50	15.54	2.24	1.08
15มิ.ย.50	8287	10.45	3218.6	109	2.8	35.4	12.6	2725	8.85	40.83	7.5	13.3	4.7	347.06	1.13	3072.06	9.97	17.32	1.66	0.95
20มิ.ย.50	8575	17.55	5054.4	91	3.2	31.6	11.2	2275	7.90	43.82	6.6	15.2	5.4	372.47	1.29	2647.47	9.19	16.67	0.95	0.52

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-28 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3427(ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
21มิ.ย.50	8862	7.65	2195.6	177	1.6	61.7	21.9	4425	15.42	46.89	6.1	16.3	5.8	398.57	1.39	4823.57	16.81	27.77	3.63	2.20
27มิ.ย.50	9381	12.05	6254.0	115	4.5	22.2	7.9	2875	5.54	83.30	6.2	16.1	5.7	708.05	1.36	3583.05	6.90	13.61	1.13	0.57
28มิ.ย.50	9651	15.50	4185.0	55	4.9	20.4	7.2	1375	5.09	45.99	5.9	17.0	6.1	390.92	1.45	1765.92	6.54	13.33	0.86	0.42
29มิ.ย.50	10163	13.28	6796.8	115	4.5	22.5	8.0	2875	5.62	95.51	5.4	18.7	6.7	811.84	1.59	3686.84	7.20	14.65	1.10	0.54
30มิ.ย.50	10678	9.81	5053.4	110	4.7	21.4	7.6	2750	5.34	92.15	5.6	17.9	6.4	783.28	1.52	3533.28	6.86	13.99	1.43	0.70
1ก.ค.50	11193	11.60	5974.0	110	4.7	21.4	7.6	2750	5.34	93.84	5.5	18.2	6.5	797.64	1.55	3547.64	6.89	14.10	1.22	0.59
3ก.ค.50	11705	7.41	3795.2	110	4.7	21.5	7.6	2750	5.37	91.81	5.6	17.9	6.4	780.39	1.52	3530.39	6.90	14.04	1.89	0.93
4ก.ค.50	12222	16.52	8539.5	115	4.5	22.2	7.9	2875	5.56	76.11	6.8	14.7	5.3	646.94	1.25	3521.94	6.81	13.17	0.80	0.41
5ก.ค.50	12733	8.90	4547.9	110	4.6	21.5	7.7	2750	5.38	99.86	5.1	19.5	7.0	848.81	1.66	3598.81	7.04	14.63	1.64	0.79
6ก.ค.50	13006	15.00	4095.0	55	5.0	20.1	7.2	1375	5.04	48.78	5.6	17.9	6.4	414.63	1.52	1789.63	6.56	13.55	0.90	0.44
7ก.ค.50	13512	16.83	8513.5	115	4.4	22.7	8.1	2875	5.68	96.56	5.2	19.1	6.8	820.76	1.62	3695.76	7.30	14.90	0.89	0.43
9ก.ค.50	13786	18.50	5069.0	60	4.6	21.9	7.8	1500	5.47	47.07	5.8	17.2	6.1	400.10	1.46	1900.10	6.93	13.92	0.75	0.37
3ส.ค.50	14055	12.45	3349.1	55	4.9	20.4	7.3	1375	5.11	54.08	5.0	20.1	7.2	459.68	1.71	1834.68	6.82	14.45	1.16	0.55

ตารางที่ ค-28 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3427(ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
4ส.ค.50	14573	14.84	7685.8	105	4.9	20.3	7.2	2625	5.07	99.01	5.2	19.1	6.8	841.59	1.62	3466.59	6.69	14.03	0.95	0.45
5ส.ค.50	15093	11.13	5785.0	105	5.0	20.2	7.2	2625	5.05	98.37	5.3	18.9	6.8	836.15	1.61	3461.15	6.66	13.94	1.25	0.60
6ส.ค.50	15603	13.29	6776.6	105	4.9	20.6	7.3	2625	5.15	108.35	4.7	21.2	7.6	920.98	1.81	3545.98	6.95	14.91	1.12	0.52
8ส.ค.50	16127	18.23	9549.9	120	4.4	22.9	8.1	3000	5.73	105.22	5.0	20.1	7.2	894.37	1.71	3894.37	7.43	15.31	0.84	0.41
9ส.ค.50	16649	10.91	5696.3	112	4.7	21.5	7.6	2800	5.36	103.90	5.0	19.9	7.1	883.15	1.69	3683.15	7.06	14.74	1.35	0.65
10ส.ค.50	17171	8.40	4384.8	115	4.5	22.0	7.8	2875	5.51	122.25	4.3	23.4	8.4	1039.11	1.99	3914.11	7.50	16.20	1.93	0.89
11ส.ค.50	17681	14.14	7210.1	110	4.6	21.6	7.7	2750	5.39	100.23	5.1	19.7	7.0	851.91	1.67	3601.91	7.06	14.69	1.04	0.50
13ส.ค.50	17955	22.55	6178.7	61	4.5	22.3	7.9	1525	5.57	46.26	5.9	16.9	6.0	393.20	1.44	1918.20	7.00	13.95	0.62	0.31
14ส.ค.50	18476	9.80	5105.8	115	4.5	22.1	7.9	2875	5.52	80.51	6.5	15.5	5.5	684.29	1.31	3559.29	6.83	13.37	1.36	0.70
15ส.ค.50	19237	14.11	10736.4	170	4.5	22.3	7.9	4250	5.58	141.66	5.4	18.6	6.6	1204.08	1.58	5454.08	7.17	14.59	1.03	0.51
17ส.ค.50	19761	9.65	5056.6	115	4.6	21.9	7.8	2875	5.49	113.48	4.6	21.7	7.7	964.59	1.84	3839.59	7.33	15.54	1.61	0.76
18ส.ค.50	20274	17.15	8798.0	116	4.4	22.6	8.0	2900	5.65	92.37	5.6	18.0	6.4	785.14	1.53	3685.14	7.18	14.47	0.84	0.42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-29 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3435

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
10พ.ค.50	499	13.24	6595.4	155	3.2	31.1	11.1	3875	7.78	82.50	6.0	16.6	5.9	701.23	1.41	4576.23	9.19	16.99	1.28	0.69
11พ.ค.50	1005	9.97	5047.0	147	3.4	29.1	10.3	3675	7.26	76.94	6.6	15.2	5.4	654.00	1.29	4329.00	8.56	15.76	1.58	0.86
12พ.ค.50	1265	19.99	5197.4	69	3.8	26.5	9.4	1725	6.63	53.23	4.9	20.5	7.3	452.43	1.74	2177.43	8.37	16.75	0.84	0.42
13พ.ค.50	1513	12.00	2976.0	63	3.9	25.4	9.0	1575	6.35	50.07	5.0	20.2	7.2	425.57	1.72	2000.57	8.07	16.24	1.35	0.67
14พ.ค.50	1773	10.00	2600.0	68	3.8	26.2	9.3	1700	6.54	56.11	4.6	21.6	7.7	476.94	1.83	2176.94	8.37	17.01	1.70	0.84
15พ.ค.50	2263	11.64	5693.2	125	3.9	25.6	9.1	3125	6.39	96.91	5.0	19.8	7.1	823.72	1.68	3948.72	8.08	16.17	1.39	0.69
17พ.ค.50	2758	17.93	8872.9	130	3.8	26.3	9.3	3250	6.57	104.01	4.8	21.0	7.5	884.09	1.79	4134.09	8.35	16.84	0.94	0.47
18พ.ค.50	3262	7.24	3646.4	120	4.2	23.8	8.5	3000	5.95	123.54	4.1	24.5	8.8	1050.11	2.08	4050.11	8.04	17.22	2.38	1.11
19พ.ค.50	3753	7.91	3885.0	128	3.8	26.1	9.3	3200	6.52	91.08	5.4	18.5	6.6	774.17	1.58	3974.17	8.09	15.90	2.01	1.02
21พ.ค.50	4238	15.35	7444.8	135	3.6	27.8	9.9	3375	6.96	110.38	4.4	22.8	8.1	938.23	1.93	4313.23	8.89	18.03	1.17	0.58
24พ.ค.50	4763	14.62	7672.9	130	4.0	24.8	8.8	3250	6.19	113.53	4.6	21.6	7.7	965.01	1.84	4215.01	8.03	16.53	1.13	0.55
26พ.ค.50	5251	12.77	6231.8	125	3.9	25.6	9.1	3125	6.40	121.25	4.0	24.8	8.9	1030.63	2.11	4155.63	8.52	17.98	1.41	0.67
27พ.ค.50	5735	11.53	5578.1	135	3.6	27.9	9.9	3375	6.97	72.71	6.7	15.0	5.4	618.04	1.28	3993.04	8.25	15.29	1.33	0.72

ตารางที่ ค-29 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3435 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
1มิ.ย.50	6753	13.04	13272.2	275	3.7	27.0	9.6	6875	6.75	176.16	5.8	17.3	6.2	1497.36	1.47	8372.36	8.22	15.79	1.21	0.63
6มิ.ย.50	6997	5.30	1293.2	60	4.1	24.6	8.7	1500	6.15	54.45	4.5	22.3	8.0	462.83	1.90	1962.83	8.04	16.71	3.15	1.52
7มิ.ย.50	7485	11.68	5697.4	128	3.8	26.2	9.3	3200	6.56	97.51	5.0	20.0	7.1	828.79	1.70	4028.79	8.26	16.46	1.41	0.71
8มิ.ย.50	8527	15.08	15714.7	294	3.5	28.2	10.0	7350	7.05	237.37	4.4	22.8	8.1	2017.65	1.94	9367.65	8.99	18.17	1.20	0.60
14มิ.ย.50	9015	15.16	7395.6	132	3.7	27.0	9.6	3300	6.76	100.58	4.9	20.6	7.4	854.93	1.75	4154.93	8.51	16.98	1.12	0.56
15มิ.ย.50	9509	12.28	6063.9	140	3.5	28.3	10.1	3500	7.09	101.39	4.9	20.5	7.3	861.82	1.74	4361.82	8.83	17.41	1.42	0.72
17มิ.ย.50	10016	8.58	4347.5	128	4.0	25.2	9.0	3200	6.31	99.00	5.1	19.5	7.0	841.50	1.66	4041.50	7.97	15.95	1.86	0.93
19มิ.ย.50	10268	16.03	4038.3	62	4.1	24.6	8.8	1550	6.15	48.71	5.2	19.3	6.9	414.01	1.64	1964.01	7.79	15.65	0.98	0.49
20มิ.ย.50	10766	21.95	10931.1	145	3.4	29.1	10.4	3625	7.28	113.88	4.4	22.9	8.2	967.96	1.94	4592.96	9.22	18.52	0.84	0.42
21มิ.ย.50	11017	15.30	3840.3	70	3.6	27.9	9.9	1750	6.97	43.55	5.8	17.4	6.2	370.18	1.47	2120.18	8.45	16.11	1.05	0.55
22มิ.ย.50	11508	14.23	6984.5	138	3.6	28.1	10.0	3450	7.03	127.60	3.8	26.0	9.3	1084.56	2.21	4534.56	9.24	19.28	1.36	0.65
24มิ.ย.50	12007	18.21	9084.3	140	3.6	28.1	10.0	3500	7.01	105.58	4.7	21.2	7.6	897.43	1.80	4397.43	8.81	17.53	0.96	0.48
26มิ.ย.50	12490	14.79	7144.8	110	4.4	22.8	8.1	2750	5.69	105.29	4.6	21.8	7.8	894.97	1.85	3644.97	7.55	15.88	1.07	0.51

ตารางที่ ค-29 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3435 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total					
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost	
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km	
27มิ.ย.50	13019	12.23	6467.0	110	4.8	20.8	7.4	2750	5.20	106.52	5.0	20.1	7.2	905.42	1.71	3655.42	6.91	14.59	1.19	0.57	
30มิ.ย.50	13537	11.23	5814.6	110	4.7	21.2	7.6	2750	5.31	105.54	4.9	20.4	7.3	897.09	1.73	3647.09	7.04	14.83	1.32	0.63	
11ก.ค.50	14040	17.90	9003.7	110	4.6	21.9	7.8	2750	5.47	115.45	4.4	23.0	8.2	981.33	1.95	3731.33	7.42	15.97	0.89	0.41	
12ก.ค.50	14530	10.96	5370.9	115	4.3	23.5	8.3	2875	5.87	93.99	5.2	19.2	6.8	798.95	1.63	3673.95	7.50	15.20	1.39	0.68	
13ก.ค.50	15020	16.63	8146.3	115	4.3	23.5	8.3	2875	5.87	107.04	4.6	21.8	7.8	909.84	1.86	3784.84	7.72	16.15	0.97	0.46	
14ก.ค.50	15509	10.35	5061.2	110	4.4	22.5	8.0	2750	5.62	102.46	4.8	21.0	7.5	870.91	1.78	3620.91	7.40	15.48	1.50	0.72	
15ก.ค.50	15986	9.13	4352.6	110	4.3	23.1	8.2	2750	5.77	114.44	4.2	24.0	8.6	972.74	2.04	3722.74	7.80	16.77	1.84	0.86	
17ก.ค.50	16496	13.03	6647.1	110	4.6	21.6	7.7	2750	5.39	114.33	4.5	22.4	8.0	971.81	1.91	3721.81	7.30	15.68	1.20	0.56	
18ก.ค.50	16964	19.35	9055.8	120	3.9	25.6	9.1	3000	6.41	98.97	4.7	21.1	7.5	841.20	1.80	3841.20	8.21	16.67	0.86	0.42	
19ก.ค.50	17454	18.39	9009.9	115	4.3	23.5	8.3	2875	5.87	101.68	4.8	20.8	7.4	864.24	1.76	3739.24	7.63	15.76	0.86	0.42	
20ก.ค.50	17939	15.33	7432.6	110	4.4	22.7	8.1	2750	5.67	77.65	6.2	16.0	5.7	659.99	1.36	3409.99	7.03	13.78	0.90	0.46	
22ก.ค.50	18437	12.78	6362.0	110	4.5	22.1	7.9	2750	5.52	83.06	6.0	16.7	6.0	705.97	1.42	3455.97	6.94	13.81	1.08	0.54	
23ก.ค.50	18935	11.15	5552.7	115	4.3	23.1	8.2	2875	5.77	87.56	5.7	17.6	6.3	744.25	1.49	3619.25	7.27	14.49	1.30	0.65	

ตารางที่ ค-29 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3435 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
24ก.ค.50	19416	17.48	8405.5	120	4.0	24.9	8.9	3000	6.24	80.77	6.0	16.8	6.0	686.55	1.43	3686.55	7.66	14.87	0.85	0.44
25ก.ค.50	19913	17.60	8448.0	115	4.2	24.0	8.5	2875	5.99	82.60	5.8	17.2	6.1	702.10	1.46	3577.10	7.45	14.67	0.83	0.42
26ก.ค.50	20401	11.78	5746.2	110	4.4	22.5	8.0	2750	5.64	88.71	5.5	18.2	6.5	754.01	1.55	3504.01	7.18	14.51	1.23	0.61
15ก.ค.50	15986	9.13	4352.6	110	4.3	23.1	8.2	2750	5.77	114.44	4.2	24.0	8.6	972.74	2.04	3722.74	7.80	16.77	1.84	0.86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-30 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3440

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
4พ.ค.50	269	7.00	1876.0	64	4.2	23.9	8.5	1600	5.97	44.07	6.1	16.4	5.9	374.57	1.40	1974.57	7.37	14.37	2.05	1.05
5พ.ค.50	552	3.85	1089.6	67	4.2	23.7	8.4	1675	5.92	51.58	5.5	18.2	6.5	438.41	1.55	2113.41	7.47	14.93	3.88	1.94
6พ.ค.50	1071	15.06	7815.8	110	4.7	21.2	7.5	2750	5.30	102.83	5.0	19.8	7.1	874.06	1.68	3624.06	6.98	14.61	0.97	0.46
7พ.ค.50	1610	19.31	10408.1	117	4.6	21.7	7.7	2925	5.43	106.35	5.1	19.7	7.0	904.01	1.68	3829.01	7.10	14.77	0.76	0.37
8มี.ค.50	2117	10.73	5439.0	118	4.3	23.3	8.3	2950	5.82	93.31	5.4	18.4	6.6	793.10	1.56	3743.10	7.38	14.85	1.38	0.69
9พ.ค.50	2649	14.70	7820.4	109	4.9	20.5	7.3	2725	5.12	120.11	4.4	22.6	8.1	1020.94	1.92	3745.94	7.04	15.35	1.04	0.48
10พ.ค.50	3178	15.63	8269.3	124	4.3	23.4	8.3	3100	5.86	67.54	7.8	12.8	4.6	574.09	1.09	3674.09	6.95	12.90	0.82	0.44
12พ.ค.50	3704	21.15	11123.6	113	4.7	21.5	7.6	2825	5.37	79.82	6.6	15.2	5.4	678.47	1.29	3503.47	6.66	13.06	0.62	0.31
13พ.ค. 50	4471	13.15	10084.8	184	4.2	24.0	8.5	4600	6.00	162.04	4.7	21.1	7.5	1377.31	1.80	5977.31	7.79	16.08	1.22	0.59
15พ.ค.50	6038	15.62	24472.6	351	4.5	22.4	8.0	8775	5.60	350.22	4.5	22.3	8.0	2976.87	1.90	11751.87	7.50	15.95	1.02	0.48
19พ.ค.50	6547	18.16	9242.2	130	3.9	25.5	9.1	3250	6.39	113.10	4.5	22.2	7.9	961.35	1.89	4211.35	8.27	17.02	0.94	0.46
20พ.ค.50	7096	6.97	3826.5	106	5.2	19.3	6.9	2650	4.83	82.60	6.6	15.0	5.4	702.10	1.28	3352.10	6.11	12.24	1.76	0.88
22พ.ค.50	7381	24.66	7028.1	62	4.6	21.8	7.7	1550	5.44	67.06	4.2	23.5	8.4	570.01	2.00	2120.01	7.44	16.14	0.65	0.30

ตารางที่ ค-30 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3440 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
24พ.ค.50	7908	13.40	7061.8	118	4.5	22.4	8.0	2950	5.60	99.76	5.3	18.9	6.8	847.96	1.61	3797.96	7.21	14.72	1.10	0.54
25พ.ค.50	8432	10.18	5331.7	112	4.7	21.4	7.6	2800	5.34	99.80	5.3	19.0	6.8	848.30	1.62	3648.30	6.96	14.40	1.42	0.68
26พ.ค.50	8945	7.60	3900.1	96	5.3	18.7	6.7	2400	4.68	110.47	4.6	21.5	7.7	939.00	1.83	3339.00	6.51	14.34	1.89	0.86
27พ.ค.50	9475	10.38	5502.7	118	4.5	22.3	7.9	2950	5.57	91.76	5.8	17.3	6.2	779.96	1.47	3729.96	7.04	14.10	1.36	0.68
29พ.ค.50	9833	18.81	6734.9	162	2.2	45.3	16.1	4050	11.31	80.81	4.4	22.6	8.1	686.89	1.92	4736.89	13.23	24.16	1.28	0.70
30พ.ค.50	10356	14.60	7635.8	123	4.3	23.5	8.4	3075	5.88	94.29	5.5	18.0	6.4	801.47	1.53	3876.47	7.41	14.80	1.01	0.51
1มิ.ย.50	10919	8.23	4630.7	110	5.1	19.5	7.0	2750	4.88	130.07	4.3	23.1	8.2	1105.60	1.96	3855.60	6.85	15.20	1.85	0.83
2มิ.ย.50	11448	14.95	7908.6	115	4.6	21.7	7.7	2875	5.43	90.63	5.8	17.1	6.1	770.36	1.46	3645.36	6.89	13.85	0.93	0.46
4มิ.ย.50	12001	9.58	5295.0	126	4.4	22.8	8.1	3150	5.70	113.61	4.9	20.5	7.3	965.69	1.75	4115.69	7.44	15.44	1.61	0.78
6มิ.ย.50	12507	11.74	5940.4	103	4.9	20.4	7.2	2575	5.09	111.96	4.5	22.1	7.9	951.66	1.88	3526.66	6.97	15.14	1.29	0.59
7มิ.ย.50	13053	11.10	6060.6	122	4.5	22.3	7.9	3050	5.59	112.50	4.9	20.6	7.4	956.25	1.75	4006.25	7.34	15.30	1.38	0.66
9มิ.ย.50	13335	7.65	2157.3	56	5.0	19.9	7.1	1400	4.96	41.34	6.8	14.7	5.2	351.39	1.25	1751.39	6.21	12.30	1.61	0.81
11มิ.ย.50	13872	21.36	11467.6	145	3.7	27.0	9.6	3625	6.75	122.57	4.4	22.8	8.1	1041.85	1.94	4666.85	8.69	17.75	0.83	0.41

ตารางที่ ค-30 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3440 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
13มิ.ย.50	14408	14.33	7678.2	142	3.8	26.5	9.4	3550	6.62	92.00	5.8	17.2	6.1	782.00	1.46	4332.00	8.08	15.55	1.09	0.56
15มิ.ย.50	14934	11.10	5838.6	122	4.3	23.2	8.3	3050	5.80	122.57	4.3	23.3	8.3	1041.85	1.98	4091.85	7.78	16.57	1.49	0.70
16มิ.ย.50	15457	7.45	3896.4	120	4.4	22.9	8.2	3000	5.74	82.03	6.4	15.7	5.6	697.26	1.33	3697.26	7.07	13.76	1.85	0.95
17มิ.ย.50	15752	8.05	2374.8	60	4.9	20.3	7.2	1500	5.08	73.14	4.0	24.8	8.9	621.69	2.11	2121.69	7.19	16.09	2.00	0.89
18มิ.ย.50	16565	10.54	8571.7	208	3.9	25.6	9.1	5200	6.40	110.50	7.4	13.6	4.9	939.25	1.16	6139.25	7.55	13.95	1.32	0.72
21มิ.ย.50	17643	15.69	16911.1	244	4.4	22.6	8.1	6100	5.66	242.04	4.5	22.5	8.0	2057.34	1.91	8157.34	7.57	16.07	1.02	0.48
23มิ.ย.50	18184	14.38	7776.9	140	3.9	25.9	9.2	3500	6.47	97.20	5.6	18.0	6.4	826.20	1.53	4326.20	8.00	15.62	1.09	0.56
26มิ.ย.50	18695	15.30	7818.3	120	4.3	23.5	8.4	3000	5.87	99.20	5.2	19.4	6.9	843.20	1.65	3843.20	7.52	15.28	1.00	0.49
28มิ.ย.50	19220	9.10	4777.5	110	4.8	21.0	7.5	2750	5.24	76.12	6.9	14.5	5.2	647.02	1.23	3397.02	6.47	12.63	1.39	0.71
30มิ.ย.50	19751	8.18	4340.9	115	4.6	21.7	7.7	2875	5.41	79.29	6.7	14.9	5.3	673.97	1.27	3548.97	6.68	13.03	1.59	0.82
2ก.ค.50	20022	15.80	4281.8	55	4.9	20.3	7.2	1375	5.07	47.26	5.7	17.4	6.2	401.73	1.48	1776.73	6.56	13.45	0.85	0.41
18ก.ค.50	20521	24.03	11988.5	120	4.2	24.0	8.6	3000	6.01	94.63	5.3	19.0	6.8	804.34	1.61	3804.34	7.62	15.32	0.64	0.32
19ก.ค.50	21040	10.78	5592.2	110	4.7	21.2	7.5	2750	5.30	71.69	7.2	13.8	4.9	609.37	1.17	3359.37	6.47	12.47	1.16	0.60

ตารางที่ ค-30 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3440 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
20ก.ค.50	21560	13.93	7241.0	110	4.7	21.2	7.5	2750	5.29	99.41	5.2	19.1	6.8	844.99	1.62	3594.99	6.91	14.35	1.03	0.50
26ก.ค.50	22093	8.93	4757.0	110	4.8	20.6	7.3	2750	5.16	107.93	4.9	20.2	7.2	917.41	1.72	3667.41	6.88	14.57	1.63	0.77
27ก.ค.50	22598	8.05	4065.3	110	4.6	21.8	7.7	2750	5.45	72.67	6.9	14.4	5.1	617.70	1.22	3367.70	6.67	12.89	1.60	0.83
23มิ.ย.50	18184	14.38	7776.9	140	3.9	25.9	9.2	3500	6.47	97.20	5.6	18.0	6.4	826.20	1.53	4326.20	8.00	15.62	1.09	0.56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-31 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3441

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
2 พ.ค. 50	298	13.95	3765.2	55	4.9	20.4	7.2	1375	5.09	58.88	4.6	21.8	7.8	500.47	1.85	1875.47	6.95	15.03	1.08	0.50
3 พ.ค. 50	568	26.25	7086.2	77	3.5	28.5	10.1	1925	7.13	65.37	4.1	24.2	8.6	555.62	2.06	2480.62	9.19	18.79	0.72	0.35
4 พ.ค. 50	834	17.06	4536.6	69	3.9	25.9	9.2	1725	6.48	49.31	5.4	18.5	6.6	419.12	1.58	2144.12	8.06	15.85	0.93	0.47
5 พ.ค. 50	1100	3.70	984.2	46	5.8	17.3	6.2	1150	4.32	57.19	4.7	21.5	7.7	486.12	1.83	1636.12	6.15	13.83	3.74	1.66
6 พ.ค.50	1611	13.69	6996.9	117	4.4	22.9	8.1	2925	5.72	102.00	5.0	20.0	7.1	866.97	1.70	3791.97	7.42	15.27	1.12	0.54
7 พ.ค. 50	2129	18.46	9562.3	116	4.5	22.4	8.0	2900	5.60	84.60	6.1	16.3	5.8	719.06	1.39	3619.06	6.99	13.80	0.75	0.38
8 พ.ค.50	2637	11.24	5677.5	116	4.4	23.0	8.2	2900	5.74	107.44	4.7	21.3	7.6	913.24	1.81	3813.24	7.55	15.77	1.40	0.67
9 พ.ค. 50	2907	10.15	2730.4	55	4.9	20.4	7.3	1375	5.11	65.48	4.1	24.3	8.7	556.59	2.07	1931.59	7.18	15.96	1.57	0.71
10พ.ค. 50	3670	14.24	10862.6	184	4.1	24.1	8.6	4600	6.03	162.04	4.7	21.2	7.6	1377.31	1.81	5977.31	7.83	16.16	1.14	0.55
11 พ.ค. 50	4189	20.04	10399.1	121	4.3	23.3	8.3	3025	5.83	124.60	4.2	24.0	8.6	1059.13	2.04	4084.13	7.87	16.86	0.84	0.39
12พ.ค.50	4700	13.98	7141.2	115	4.4	22.5	8.0	2875	5.63	117.10	4.4	22.9	8.2	995.38	1.95	3870.38	7.57	16.19	1.16	0.54
13พ.ค.50	5208	11.60	5892.7	112	4.5	22.0	7.8	2800	5.51	104.65	4.9	20.6	7.4	889.49	1.75	3689.49	7.26	15.20	1.31	0.63
14พ.ค.50	5734	14.95	7863.7	115	4.6	21.9	7.8	2875	5.47	114.98	4.6	21.9	7.8	977.34	1.86	3852.34	7.32	15.58	1.04	0.49

ตารางที่ ค-31 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3441 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
15พ.ค.50	6250	22.93	11829.3	112	4.6	21.7	7.7	2800	5.43	129.84	4.0	25.2	9.0	1103.61	2.14	3903.61	7.57	16.70	0.73	0.33
16พ.ค.50	6762	10.75	5505.3	101	5.1	19.7	7.0	2525	4.93	132.65	3.9	25.9	9.2	1127.51	2.20	3652.51	7.13	16.27	1.51	0.66
17พ.ค.50	7281	11.95	6203.3	112	4.6	21.6	7.7	2800	5.39	121.19	4.3	23.4	8.3	1030.15	1.98	3830.15	7.38	16.01	1.34	0.62
18พ.ค.50	7793	15.65	8012.8	117	4.4	22.9	8.1	2925	5.71	139.25	3.7	27.2	9.7	1183.66	2.31	4108.66	8.02	17.84	1.14	0.51
24พ.ค.50	8313	10.75	5590.0	100	5.2	19.2	6.8	2500	4.81	117.99	4.4	22.7	8.1	1002.91	1.93	3502.91	6.74	14.94	1.39	0.63
25พ.ค.50	8837	14.03	7349.1	112	4.7	21.4	7.6	2800	5.34	120.98	4.3	23.1	8.2	1028.33	1.96	3828.33	7.31	15.85	1.13	0.52
26พ.ค.50	9349	16.80	8601.6	103	5.0	20.1	7.2	2575	5.03	121.99	4.2	23.8	8.5	1036.90	2.03	3611.90	7.05	15.66	0.93	0.42
27พ.ค.50	9859	17.00	8670.0	120	4.3	23.5	8.4	3000	5.88	121.17	4.2	23.8	8.5	1029.95	2.02	4029.95	7.90	16.85	0.99	0.46
29พ.ค.50	10349	24.08	11796.8	104	4.7	21.2	7.6	2600	5.31	144.06	3.4	29.4	10.5	1224.48	2.50	3824.48	7.81	18.05	0.75	0.32
30พ.ค.50	11371	16.48	16837.5	205	5.0	20.1	7.1	5125	5.01	264.23	3.9	25.9	9.2	2245.97	2.20	7370.97	7.21	16.37	0.99	0.44
1มิ.ย.50	11653	16.90	4765.8	55	5.1	19.5	6.9	1375	4.88	86.28	3.3	30.6	10.9	733.41	2.60	2108.41	7.48	17.86	1.06	0.44
6มิ.ย.50	12177	18.43	9654.7	125	4.2	23.9	8.5	3125	5.96	106.13	4.9	20.3	7.2	902.14	1.72	4027.14	7.69	15.72	0.85	0.42
8มิ.ย.50	12698	19.50	10159.5	123	4.2	23.6	8.4	3075	5.90	108.30	4.8	20.8	7.4	920.55	1.77	3995.55	7.67	15.82	0.81	0.39

ตารางที่ ค-31 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3441 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
9มิ.ย.50	12976	8.20	2279.6	59	4.7	21.2	7.5	1475	5.31	59.62	4.7	21.4	7.7	506.77	1.82	1981.77	7.13	15.21	1.85	0.87
10มิ.ย.50	13505	17.38	9194.0	114	4.6	21.6	7.7	2850	5.39	115.22	4.6	21.8	7.8	979.37	1.85	3829.37	7.24	15.44	0.89	0.42
11มิ.ย.50	14031	17.49	9199.7	128	4.1	24.3	8.7	3200	6.08	141.86	3.7	27.0	9.6	1205.79	2.29	4405.79	8.38	18.28	1.05	0.48
13มิ.ย.50	14308	9.34	2585.8	59	4.7	21.3	7.6	1475	5.32	60.54	4.6	21.9	7.8	514.58	1.86	1989.58	7.18	15.38	1.65	0.77
14มิ.ย.50	14860	9.68	5340.6	116	4.8	21.0	7.5	2900	5.25	136.14	4.1	24.7	8.8	1157.21	2.10	4057.21	7.35	16.28	1.68	0.76
15มิ.ย.50	15371	14.45	7384.0	117	4.4	22.9	8.1	2925	5.72	106.87	4.8	20.9	7.5	908.43	1.78	3833.43	7.50	15.61	1.08	0.52
16มิ.ย.50	15899	15.30	8078.4	118	4.5	22.3	7.9	2950	5.59	123.35	4.3	23.4	8.3	1048.46	1.99	3998.46	7.57	16.29	1.06	0.49
17มิ.ย.50	16428	8.23	4351.0	130	4.1	24.6	8.7	3250	6.14	113.00	4.7	21.4	7.6	960.50	1.82	4210.50	7.96	16.37	1.99	0.97
19มิ.ย.50	16928	15.20	7600.0	110	4.5	22.0	7.8	2750	5.50	124.94	4.0	25.0	8.9	1061.96	2.12	3811.96	7.62	16.75	1.10	0.50
20มิ.ย.50	17456	11.93	6296.4	130	4.1	24.6	8.8	3250	6.16	114.82	4.6	21.7	7.8	975.97	1.85	4225.97	8.00	16.52	1.39	0.67
21มิ.ย.50	17993	11.90	6390.3	110	4.9	20.5	7.3	2750	5.12	131.75	4.1	24.5	8.8	1119.83	2.09	3869.83	7.21	16.05	1.35	0.61
22มิ.ย.50	18516	7.50	3922.5	106	4.9	20.3	7.2	2650	5.07	138.65	3.8	26.5	9.5	1178.50	2.25	3828.50	7.32	16.67	2.22	0.98
23มิ.ย.50	19032	16.43	8475.3	113	4.6	21.9	7.8	2825	5.47	126.79	4.1	24.6	8.8	1077.73	2.09	3902.73	7.56	16.56	1.01	0.46

ตารางที่ ค-31 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3441 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
25มิ.ย.50	19316	21.35	6063.4	65	4.4	22.9	8.1	1625	5.72	72.77	3.9	25.6	9.1	618.55	2.18	2243.55	7.90	17.29	0.81	0.37
26มิ.ย.50	19833	22.30	11529.1	124	4.2	24.0	8.5	3100	6.00	128.01	4.0	24.8	8.8	1088.09	2.10	4188.09	8.10	17.37	0.78	0.36
27มิ.ย.50	20861	10.80	11102.4	220	4.7	21.4	7.6	5500	5.35	241.42	4.3	23.5	8.4	2052.04	2.00	7552.04	7.35	16.00	1.48	0.68
28มิ.ย.50	21385	6.83	3576.3	115	4.6	21.9	7.8	2875	5.49	126.65	4.1	24.2	8.6	1076.49	2.05	3951.49	7.54	16.44	2.41	1.10
1ก.ค.50	21660	15.80	4345.0	55	5.0	20.0	7.1	1375	5.00	64.69	4.3	23.5	8.4	549.87	2.00	1924.87	7.00	15.51	0.98	0.44
4ก.ค.50	22169	14.13	7189.6	115	4.4	22.6	8.0	2875	5.65	128.40	4.0	25.2	9.0	1091.41	2.14	3966.41	7.79	17.04	1.21	0.55
5ก.ค.50	22686	9.93	5131.2	110	4.7	21.3	7.6	2750	5.32	110.88	4.7	21.4	7.7	942.49	1.82	3692.49	7.14	15.23	1.53	0.72
6ก.ค.50	22958	6.15	1672.8	55	4.9	20.2	7.2	1375	5.06	60.38	4.5	22.2	7.9	513.23	1.89	1888.23	6.94	15.12	2.46	1.13
7ก.ค.50	23473	11.40	5871.0	115	4.5	22.3	7.9	2875	5.58	122.38	4.2	23.8	8.5	1040.26	2.02	3915.26	7.60	16.43	1.44	0.67
8ก.ค.50	23996	15.50	8106.5	115	4.5	22.0	7.8	2875	5.50	123.26	4.2	23.6	8.4	1047.73	2.00	3922.73	7.50	16.24	1.05	0.48
10ก.ค.50	24529	15.38	8194.9	115	4.6	21.6	7.7	2875	5.39	150.61	3.5	28.3	10.1	1280.16	2.40	4155.16	7.80	17.76	1.16	0.51
11ก.ค.50	25087	19.13	10671.8	115	4.9	20.6	7.3	2875	5.15	138.96	4.0	24.9	8.9	1181.17	2.12	4056.17	7.27	16.22	0.85	0.38
12ก.ค.50	25620	19.05	10153.7	115	4.6	21.6	7.7	2875	5.39	141.78	3.8	26.6	9.5	1205.15	2.26	4080.15	7.66	17.17	0.90	0.40

ตารางที่ ค-31 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3441 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
13ก.ค.50	26130	17.05	8695.5	115	4.4	22.5	8.0	2875	5.64	150.50	3.4	29.5	10.5	1279.26	2.51	4154.26	8.15	18.56	1.09	0.48
14ก.ค.50	26644	17.03	8750.9	110	4.7	21.4	7.6	2750	5.35	109.54	4.7	21.3	7.6	931.07	1.81	3681.07	7.16	15.22	0.89	0.42
18ก.ค.50	27150	18.10	9158.6	115	4.4	22.7	8.1	2875	5.68	129.55	3.9	25.6	9.1	1101.21	2.18	3976.21	7.86	17.23	0.95	0.43
19ก.ค.50	27659	14.03	7138.7	110	4.6	21.6	7.7	2750	5.40	133.84	3.8	26.3	9.4	1137.66	2.24	3887.66	7.64	17.07	1.22	0.54
20ก.ค.50	28163	12.63	6363.0	110	4.6	21.8	7.8	2750	5.46	130.46	3.9	25.9	9.2	1108.92	2.20	3858.92	7.66	17.00	1.35	0.61
21ก.ค.50	28670	7.83	3967.3	115	4.4	22.7	8.1	2875	5.67	120.37	4.2	23.7	8.5	1023.15	2.02	3898.15	7.69	16.54	2.11	0.98
22ก.ค.50	29184	14.75	7581.5	110	4.7	21.4	7.6	2750	5.35	115.17	4.5	22.4	8.0	978.95	1.90	3728.95	7.25	15.61	1.06	0.49
24ก.ค.50	29668	18.95	9171.8	120	4.0	24.8	8.8	3000	6.20	117.17	4.1	24.2	8.6	995.95	2.06	3995.95	8.26	17.46	0.92	0.44
25ก.ค.50	30177	15.68	7978.6	115	4.4	22.6	8.0	2875	5.65	114.55	4.4	22.5	8.0	973.68	1.91	3848.68	7.56	16.07	1.03	0.48
26ก.ค.50	30692	11.05	5690.8	110	4.7	21.4	7.6	2750	5.34	116.26	4.4	22.6	8.1	988.21	1.92	3738.21	7.26	15.66	1.42	0.66

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-32 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3445

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
10พ.ค.50	499	16.64	8300.9	156	3.2	31.3	11.1	3900	7.82	82.28	6.1	16.5	5.9	699.35	1.40	4599.35	9.22	17.01	1.02	0.55
11พ.ค.50	993	14.86	7339.6	140	3.5	28.3	10.1	3500	7.09	81.88	6.0	16.6	5.9	695.98	1.41	4195.98	8.49	16.00	1.08	0.57
12พ.ค.50	1242	8.70	2166.3	47	5.3	18.9	6.7	1175	4.72	44.50	5.6	17.9	6.4	378.25	1.52	1553.25	6.24	13.09	1.51	0.72
13พ.ค.50	1720	14.85	7098.3	117	4.1	24.5	8.7	2925	6.12	76.23	6.3	15.9	5.7	647.96	1.36	3572.96	7.47	14.40	0.97	0.50
14พ.ค.50	2206	11.32	5500.3	112	4.3	23.0	8.2	2800	5.76	89.48	5.4	18.4	6.6	760.58	1.56	3560.58	7.33	14.77	1.31	0.65
15พ.ค.50	2697	19.12	9387.9	130	3.8	26.5	9.4	3250	6.62	87.34	5.6	17.8	6.4	742.39	1.51	3992.39	8.13	15.77	0.82	0.43
16พ.ค.50	3181	17.01	8232.8	130	3.7	26.9	9.6	3250	6.71	92.53	5.2	19.1	6.8	786.51	1.63	4036.51	8.34	16.38	0.96	0.49
17พ.ค.50	3668	10.03	4885.8	115	4.2	23.6	8.4	2875	5.90	91.82	5.3	18.9	6.7	780.47	1.60	3655.47	7.51	15.13	1.51	0.75
18พ.ค.50	4134	12.63	5883.3	120	3.9	25.8	9.2	3000	6.44	101.79	4.6	21.8	7.8	865.22	1.86	3865.22	8.29	16.96	1.34	0.66
19พ.ค.50	4632	13.40	6672.0	120	4.2	24.1	8.6	3000	6.02	96.15	5.2	19.3	6.9	817.28	1.64	3817.28	7.67	15.46	1.15	0.57
20พ.ค.50	5112	15.29	7336.8	120	4.0	25.0	8.9	3000	6.25	95.21	5.0	19.8	7.1	809.29	1.69	3809.29	7.94	15.97	1.05	0.52
21พ.ค.50	5604	13.57	6677.7	131	3.8	26.6	9.5	3275	6.66	103.76	4.7	21.1	7.5	881.96	1.79	4156.96	8.45	17.00	1.25	0.62
22พ.ค.50	5865	23.76	6201.4	75	3.5	28.7	10.2	1875	7.18	53.32	4.9	20.4	7.3	453.22	1.74	2328.22	8.92	17.52	0.74	0.38

ตารางที่ ค-32 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3445 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
23พ.ค.50	6125	19.93	5180.5	76	3.4	29.2	10.4	1900	7.31	61.76	4.2	23.8	8.5	524.96	2.02	2424.96	9.33	18.88	0.95	0.47
24พ.ค.50	6610	9.85	4774.8	105	4.6	21.6	7.7	2625	5.41	93.36	5.2	19.2	6.9	793.56	1.64	3418.56	7.05	14.57	1.48	0.72
31พ.ค.50	7097	19.08	9289.5	130	3.7	26.7	9.5	3250	6.67	110.66	4.4	22.7	8.1	940.61	1.93	4190.61	8.60	17.61	0.92	0.45
1มิ.ย.50	7585	6.98	3403.8	120	4.1	24.6	8.7	3000	6.15	109.35	4.5	22.4	8.0	929.48	1.90	3929.48	8.05	16.75	2.40	1.15
2มิ.ย.50	8066	11.09	5333.1	110	4.4	22.9	8.1	2750	5.72	94.42	5.1	19.6	7.0	802.54	1.67	3552.54	7.39	15.14	1.37	0.67
7มิ.ย.50	8551	7.11	3445.9	110	4.4	22.7	8.1	2750	5.67	105.90	4.6	21.8	7.8	900.15	1.86	3650.15	7.53	15.86	2.23	1.06
8มิ.ย.50	9030	11.34	5430.7	116	4.1	24.2	8.6	2900	6.05	113.92	4.2	23.8	8.5	968.32	2.02	3868.32	8.08	17.11	1.51	0.71
9มิ.ย.50	9515	14.61	7087.1	120	4.0	24.7	8.8	3000	6.19	90.06	5.4	18.6	6.6	765.51	1.58	3765.51	7.76	15.43	1.06	0.53
10มิ.ย.50	10016	14.29	7160.5	131	3.8	26.1	9.3	3275	6.54	102.45	4.9	20.4	7.3	870.83	1.74	4145.83	8.28	16.60	1.16	0.58
11มิ.ย.50	10518	12.89	6470.8	140	3.6	27.9	9.9	3500	6.97	109.88	4.6	21.9	7.8	933.98	1.86	4433.98	8.83	17.73	1.38	0.69
12มิ.ย.50	10782	20.85	5504.4	78	3.4	29.5	10.5	1950	7.39	75.86	3.5	28.7	10.3	644.81	2.44	2594.81	9.83	20.77	1.00	0.47
13มิ.ย.50	11043	6.75	1761.8	66	4.0	25.3	9.0	1650	6.32	62.27	4.2	23.9	8.5	529.30	2.03	2179.30	8.35	17.51	2.59	1.24
14มิ.ย.50	11562	9.50	4930.5	130	4.0	25.0	8.9	3250	6.26	86.74	6.0	16.7	6.0	737.29	1.42	3987.29	7.68	14.88	1.57	0.81

ตารางที่ ค-32 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3445 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
15มิ.ย.50	12040	15.96	7630.1	135	3.5	28.2	10.0	3375	7.06	101.76	4.7	21.3	7.6	864.96	1.81	4239.96	8.87	17.65	1.11	0.56
16มิ.ย.50	12518	12.85	6142.3	135	3.5	28.2	10.0	3375	7.06	95.66	5.0	20.0	7.1	813.11	1.70	4188.11	8.76	17.19	1.34	0.68
17มิ.ย.50	13003	12.71	6161.9	140	3.5	28.9	10.3	3500	7.22	118.81	4.1	24.5	8.7	1009.89	2.08	4509.89	9.30	19.01	1.50	0.73
18มิ.ย.50	13255	7.20	1814.4	70	3.6	27.8	9.9	1750	6.94	44.68	5.6	17.7	6.3	379.78	1.51	2129.78	8.45	16.21	2.25	1.17
19มิ.ย.50	13997	12.72	9435.8	201	3.7	27.1	9.6	5025	6.77	136.16	5.4	18.4	6.6	1157.36	1.56	6182.36	8.33	16.19	1.27	0.66
21มิ.ย.50	14489	15.50	7626.0	115	4.3	23.4	8.3	2875	5.84	95.03	5.2	19.3	6.9	807.76	1.64	3682.76	7.49	15.21	0.98	0.48
30มิ.ย.50	14983	6.68	3297.5	110	4.5	22.3	7.9	2750	5.57	91.36	5.4	18.5	6.6	776.56	1.57	3526.56	7.14	14.52	2.18	1.07
1ก.ค.50	15473	11.45	5610.5	115	4.3	23.5	8.3	2875	5.87	87.68	5.6	17.9	6.4	745.28	1.52	3620.28	7.39	14.74	1.29	0.65
2ก.ค.50	15954	11.45	5507.5	115	4.2	23.9	8.5	2875	5.98	103.91	4.6	21.6	7.7	883.24	1.84	3758.24	7.81	16.22	1.42	0.68
3ก.ค.50	16438	12.33	5965.3	115	4.2	23.8	8.5	2875	5.94	106.06	4.6	21.9	7.8	901.51	1.86	3776.51	7.80	16.28	1.32	0.63
4ก.ค.50	16924	17.48	8492.9	115	4.2	23.7	8.4	2875	5.92	92.57	5.3	19.0	6.8	786.85	1.62	3661.85	7.53	15.22	0.87	0.43
5ก.ค.50	17416	13.24	6511.6	120	4.1	24.4	8.7	3000	6.10	116.47	4.2	23.7	8.5	990.00	2.01	3990.00	8.11	17.13	1.29	0.61
6ก.ค.50	17675	15.40	3988.6	60	4.3	23.2	8.2	1500	5.79	69.43	3.7	26.8	9.6	590.16	2.28	2090.16	8.07	17.81	1.16	0.52

ตารางที่ ค-32 แสดงข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลการคำนวณ ระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานของรถหัวลากทะเบียน 70-3445 (ต่อ)

	ระยะทางใช้งาน	น้ำหนักเฉลี่ย		Diesel						CNG						Total				
				Consumption				Cost		Consumption				Cost		Cost			Specific Energy	Specific Cost
Date	kms	Tons	Ton.km	Litres	km/litre	Litre/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	kgs	km/kg	kgs/100km	MJ/km	Baht	Baht/km	Baht	Baht/km	MJ/km	MJ/ton.km	Baht/ton.km
7ก.ค.50	18162	17.75	8644.3	125	3.9	25.7	9.1	3125	6.42	131.37	3.7	27.0	9.6	1116.65	2.29	4241.65	8.71	18.76	1.06	0.49
8ก.ค.50	18422	16.00	4160.0	55	4.7	21.2	7.5	1375	5.29	64.44	4.0	24.8	8.8	547.74	2.11	1922.74	7.40	16.37	1.02	0.46
10ก.ค.50	18916	12.55	6199.7	110	4.5	22.3	7.9	2750	5.57	93.79	5.3	19.0	6.8	797.22	1.61	3547.22	7.18	14.70	1.17	0.57
11ก.ค.50	19432	19.32	9967.8	115	4.5	22.3	7.9	2875	5.57	89.85	5.7	17.4	6.2	763.73	1.48	3638.73	7.05	14.14	0.73	0.37
12ก.ค.50	19919	9.30	4527.9	115	4.2	23.6	8.4	2875	5.90	87.72	5.6	18.0	6.4	745.62	1.53	3620.62	7.43	14.83	1.60	0.80
13ก.ค.50	20399	15.63	7500.0	115	4.2	24.0	8.5	2875	5.99	97.07	4.9	20.2	7.2	825.10	1.72	3700.10	7.71	15.74	1.01	0.49
14ก.ค.50	20891	13.63	6703.5	115	4.3	23.4	8.3	2875	5.84	77.56	6.3	15.8	5.6	659.26	1.34	3534.26	7.18	13.94	1.02	0.53
15ก.ค.50	21372	13.63	6553.6	110	4.4	22.9	8.1	2750	5.72	73.90	6.5	15.4	5.5	628.15	1.31	3378.15	7.02	13.62	1.00	0.52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-33 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถหัวลาก

70-0910					70-3427					70-3435				
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number		Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number		Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number	
			1	2				1	2				1	2
14 Mar 07	509815	950	0.2	1.4	18 May 07	359160	0	0.07	2.90	9 May 07	350062	0	0.1	2.8
16 Mar 07	510751	1886	0.1	4.3	21 May 07	360450	1290	0.09	1.37	12 May 07	351067	1005	0.1	1.5
18 Mar 07	512004	3139	0.2	4.4	25 May 07	361508	2348	0.05	3.47	15 May 07	351835	1773	0.3	1.5
21 Mar 07	512947	4082	0.1	4.2	27 May 07	362523	3363	0.07	3.03	19 May 07	353324	3262	0.2	1.8
23 Mar 07	513893	5028	0.1	2.1	30 May 07	363809	4649	0.04	2.66	22 May 07	354300	4238	0.1	2.3
25 Mar 07	514831	5966	0.1	4.3	7 Jun 07	365206	6046	0.05	1.91	28 May 07	355797	5735	0.2	2.4
28 Mar 07	515766	6901	0.1	4.3	12 Jun 07	366575	7415	0.15	2.14	5 Jun 07	356814	6752	0.1	2.4
30 Mar 07	516687	7822	0.1	4.3	22 Jun 07	368026	8866	0.06	2.96	9 Jun 07	357821	7759	0.1	1.8
3 Apr 07	517952	9087	0.1	3.2	30 Jun 07	369323	10163	0.04	2.68	15 Jun 07	359077	9015	0.1	1.1
5 Apr 07	518906	10041	0.1	3.3	2 Jul 07	370352	11192	0.23	3.33	18 Jun 07	360078	10016	0.1	2.8
9 Apr 07	519869	11004	0.1	1.9	5 Jul 07	371382	12222	0.08	4.46	22 Jun 07	361079	11017	0.2	1.0
21 Apr 07	520816	11951	0.3	2.4	7 Jul 07	372449	13289	0.23	5.92	25 Jun 07	362069	12007	0.1	1.1
23 Apr 07	521709	12844	0.1	3.7	4 Sep 07	373215	14055	0.08	6.31	30 Jun 07	363081	13019	0.1	0.8

ตารางที่ ค-33 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถหัวลาก(ต่อ)

70-0910					70-3427					70-3435				
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke number		Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number		Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number	
			1	2				1	2				1	2
29 Apr 07	522815	13950	0.1	4.6	6 Sep 07	374253	15093	0.15	5.64	12 Jul 07	364102	14040	0.2	7.0
3 May 07	523775	14910	0.1	4.3	9 Sep 07	375287	16127	0.09	6.55	14 Jul 07	365081	15019	0.2	5.9
6 May 07	525349	16484	0.1	2.7	11 Sep 07	376331	17171	0.10	5.69	16 Jul 07	366048	15986	0.2	5.7
10 May 07	526607	17742	0.1	3.2	14 Sep 07	377357	18197	0.09	5.83	19 Jul 07	367026	16964	0.4	6.7
13 May 07	527877	19012	0.1	3.6	17 Sep 07	378638	19478	0.07	5.83	21 Jul 07	368001	17939	0.5	6.9
15 May 07	529122	20257	0.1	5.2	20 Sep 07	379434	20274	0.08	5.83	24 Jul 07	368997	18935	0.2	6.2
19 May 07	530388	21523	0.1	5.6	-	-	-	-	-	27 Jul 07	370463	20401	0.2	6.4
15 Jun 07	531959	23094	0.1	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 Jun 07	532895	24030	0.0	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-33 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถหัวลาก(ต่อ)

70-3440					70-3441					70-3445				
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number		Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number		Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number	
			1	2				1	2				1	2
30 Apr 07	361374	0	0.25	2.38	30 Apr 07	364463	0	0.1	2.2	9 May 07	406942	0	0.21	2.20
7 May 07	362445	1071	0.43	1.63	6 May 07	365536	1071	0.3	2.6	12 May 07	407928	986	0.17	0.53
9 May 07	363491	2117	0.45	3.43	8 May 07	366568	2117	0.6	1.8	15 May 07	409148	2206	0.32	0.59
12 May 07	364552	3178	0.29	2.67	10 May 07	367604	3178	0.5	3.1	17 May 07	410123	3181	0.08	1.71
15 May 07	365845	4471	0.53	2.53	13 May 07	368626	4471	0.6	4.6	20 May 07	411574	4632	0.12	2.53
17 May 07	366896	5522	0.46	2.40	15 May 07	369644	5522	0.3	4.1	22 May 07	412545	5603	0.14	3.12
20 May 07	367930	6556	0.40	3.15	17 May 07	370686	6556	0.3	3.8	26 May 07	413553	6611	0.41	3.61
25 May 07	369282	7908	0.52	2.99	21 May 07	371717	7908	0.3	4.7	2 Jun 07	414527	7585	0.17	1.53
29 May 07	370849	9475	0.30	2.50	25 May 07	372749	9475	0.8	4.7	9 Jun 07	415972	9030	0.09	1.53
1 Jun 07	372287	10913	0.49	4.41	28 May 07	374295	10913	0.7	5.3	12 Jun 07	417460	10518	0.20	1.33
5 Jun 07	373375	12001	0.40	3.35	31 May 07	375300	12001	1.1	4.7	16 Jun 07	418982	12040	0.33	1.27
9 Jun 07	374428	13054	0.33	3.08	9 Jun 07	377134	13054	0.5	5.4	18 Jun 07	419945	13303	0.19	1.65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-33 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถหัวลาก(ต่อ)

70-3440					70-3441					70-3445				
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน (kms)	Bosch Smoke number		Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number		Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number	
			1	2				1	2				1	2
12 Jun 07	375246	13874	0.35	5.09	13 Jun 07	378467	13874	0.4	3.6	21 Jun 07	420939	13997	0.17	3.04
15 Jun 07	375782	14408	0.33	4.79	15 Jun 07	379296	14408	0.8	3.6	1 Jul 07	421925	14983	0.24	4.06
15 Jun 07	375782	14408	0.24	3.34	15 Jun 07	379296	14408	0.5	3.3	3 Jul 07	422942	16000	0.62	6.10
17 Jun 07	376831	15457	0.32	3.46	17 Jun 07	380334	15871	0.7	4.7	5 Jul 07	423866	16924	0.16	6.25
21 Jun 07	377950	16576	0.36	4.38	20 Jun 07	381365	16902	0.5	4.2	8 Jul 07	425104	18162	0.22	5.89
23 Jun 07	379017	17643	0.30	3.84	22 Jun 07	382429	17966	0.5	3.8	12 Jul 07	426374	19432	0.51	6.18
27 Jun 07	380069	18695	0.26	4.25	24 Jun 07	383468	19005	0.6	4.6	14 Jul 07	427341	20399	0.24	5.04
1 Jul 07	381125	19751	0.34	6.02	28 Jun 07	384776	20313	0.7	4.6	-	-	-	-	-
19 Jul 07	381895	20521	0.44	6.18	5 Jul 07	386605	22142	0.4	5.7	-	-	-	-	-
21 Jul 07	382924	21550	0.47	6.37	7 Jul 07	387687	23224	1.2	6.3	-	-	-	-	-
28 Jul 07	383972	22598	0.45	6.27	12 Jul 07	389525	25062	1.1	6.4	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	14 Jul 07	390566	26103	0.5	6.7	-	-	-	-	-

ตารางที่ ค-33 แสดงข้อมูลค่าควันดำระหว่างการติดตามผลการใช้งานต่อความทนทานในรถหัวลาก(ต่อ)

70-3441				
Date	Vehicle mileage(kms)	ระยะทางใช้งาน(kms)	Bosch Smoke number	
			1	2
19 Jul 07	391586	27123	0.9	6.8
21 Jul 07	392599	28136	0.6	6.8
25 Jul 07	394104	29641	0.7	7.1
27 Jul 07	395128	30665	0.4	6.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง-1 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 0 ถึง 1826 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

AO (anti-oxidant) additive, as measured by ASTM D-6971, is considered Satisfactory at this time.
Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67021			67020			66879		
Date sampled			23-Nov-06			22-Nov-06			20-Nov-06		
Hours on Oil			1826 kms			808 kms			0 kms		
Hours on Unit			332937 kms			331919 kms			331111 kms		
Bottle ID			848208			848206			848204		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	16.0	20.8		11.4	15.4		8.2	3.2	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.4	0.0		0.0	0.0	
Lead	D-6595	PPM	23.4 A	18.9		21.0 A	14.3		17.2 A	3.5	
Copper	D-6595	PPM	0.5	0.2		0.4	0.2		0.3	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.5		1.0	1.7		0.3	1.8	
Aluminum	D-6595	PPM	2.0	9.7		1.6	5.0		0.9	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.7 C	0.0		0.6 C	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	17.4	13.4		17.1	6.7		14.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	146.2			144.1			142.3		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.0			15.0			14.8		
Oxidation	FTIR	Abs	9.6			9.5			8.0		
Nitration	FTIR	Abs	8.5			8.2			7.8		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.7			8.6			8.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.064			0.063			0.071		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.38			0.25			0.16		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	9.7	6.7		8.1	4.3		9.6	1.5	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	40			48			54		
Magnesium	D-6595	PPM	1760			1867			1966		
Calcium	D-6595	PPM	411			430			385		
Barium	D-6595	PPM	10			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1200			1125			1216		
Zinc	D-6595	PPM	1276	377		1274	207		1372	226	
Additive Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8667
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-2 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 3057 ถึง 4231 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified.

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	C
FocusLab ID			67144			67023			67022		
Date sampled			25-Nov-06			24-Nov-06			24-Nov-06		
Hours on Oil			1174 kms			0 kms			3057 kms		
Hours on Unit			335342 kms			334168 kms			334168 kms		
Bottle ID			848216			848212			848210		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	6.5	2.4		3.2	2.8		18.5	9.8	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.1	0.0		0.2	0.0	
Lead	D-6595	PPM	6.2	3.9		3.6	2.5		24.7 A	12.1	
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.1	0.0		0.5	0.1	
Tin	D-6595	PPM	1.0	3.8		0.8	3.3		0.0	3.5	
Aluminum	D-6595	PPM	1.4	0.0		0.8	0.0		2.4	7.3	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.1		0.6	0.3		0.5	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	2.8	0.0		2.8	0.0		17.0	11.9	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.2	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	151.3			149.7			148.6		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.2			15.5			15.5		
Oxidation	FTIR	Abs	8.7			7.8			9.8		
Nitration	FTIR	Abs	8.1			7.7			9.0		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.0			9.1			8.3		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.062			0.071			0.065		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.19			0.01			0.51		
Sodium	D-6595	PPM	1			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	5.6	0.5		6.7	1.0		10.5	3.5	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	44			57			36		
Magnesium	D-6595	PPM	2113			1916			1803		
Calcium	D-6595	PPM	97			71			417		
Barium	D-6595	PPM	0			3			6		
Phosphorus	D-6595	PPM	1076			1084			1169		
Zinc	D-6595	PPM	1354	183		1204	202		1289	302	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil				
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-3 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 5085 ถึง 6058 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified.

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67147			67146			67145		
Date sampled			26-Nov-06			26-Nov-06			26-Nov-06		
Hours on Oil			0 kms			3001 kms			2028 kms		
Hours on Unit			337169 kms			337169 kms			336196 kms		
Bottle ID			848222			848220			848218		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	1.6	1.9		11.2	4.1		9.1	1.1	
Chromium	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.6	0.0		0.5	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.1	1.5		9.5 C	3.7		8.4 C	0.6	
Copper	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.3	0.0		0.2	0.0	
Tin	D-6595	PPM	1.0	2.4		1.5	0.2		0.6	2.8	
Aluminum	D-6595	PPM	0.5	0.0		2.2	0.0		1.7	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.2	0.0		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		2.6	0.0		3.0	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	150.2			156.3			154.3		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.0			15.6			15.3		
Oxidation	FTIR	Abs	7.6			9.2			8.9		
Nitration	FTIR	Abs	7.7			8.8			8.4		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.4			8.7			8.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.069			0.057			0.060		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.03			0.39			0.28		
Sodium	D-6595	PPM	1			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	6.1	1.7		6.7	2.2		6.3	0.4	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	54			38			42		
Magnesium	D-6595	PPM	2036			2234			2253		
Calcium	D-6595	PPM	32			121			109		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	967			1042			1089		
Zinc	D-6595	PPM	1328	203		1351	229		1380	150	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-4 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 6820 ถึง 8911 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified.

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

WC / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67184			67183			67148		
Date sampled			28-Nov-06			27-Nov-06			27-Nov-06		
Hours on Oil			2853 kms			1690 kms			762 kms		
Hours on Unit			340022 kms			338859 kms			337931 kms		
Bottle ID			848228			848226			848224		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	8.7	6.0		6.1	1.5		4.5	3.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.2	0.0	
Lead	D-6595	PPM	5.8	4.3		4.0	1.1		2.3	3.2	
Copper	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.2	0.0		0.1	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.2	4.0		0.2	1.0		0.8	0.9	
Aluminum	D-6595	PPM	1.5	3.4		0.8	0.0		1.0	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.1	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.3	0.0		0.7	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	158.2			154.6			153.1		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.6			15.3			15.2		
Oxidation	FTIR	Abs	9.0			8.7			8.7		
Nitration	FTIR	Abs	8.7			8.3			8.0		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.1			8.8			9.1		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.062			0.061			0.059		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.34			0.22			0.12		
Sodium	D-6595	PPM	2			1			2		
Silicon	D-6595	PPM	6.1	4.1		4.6	0.3		4.5	1.7	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	35			39			48		
Magnesium	D-6595	PPM	2196			2109			2148		
Calcium	D-6595	PPM	44			38			37		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1048			1025			1002		
Zinc	D-6595	PPM	1283	251		1290	190		1305	169	
Additive Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-5 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 9561 ถึง 10626 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67340			67186			67185		
Date sampled			30-Nov-06			29-Nov-06			29-Nov-06		
Hours on Oil			1065 kms			0 kms			3503 kms		
Hours on Unit			341737 kms			340672 kms			340672 kms		
Bottle ID			848234			848232			848230		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	5.5	4.1		1.5	5.5		9.1	7.7	
Chromium	D-6595	PPM	0.0	0.2		0.0	0.0		0.0	0.0	
Lead	D-6595	PPM	2.4	7.1		0.6	1.6		5.7	5.5	
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.1		0.0	0.2		0.3	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	2.5		0.0	2.7		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	0.5	4.5		0.1	1.8		1.2	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.3	10.4		0.0	0.0		0.2	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	153.8			150.3			160.0		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.3			15.0			15.6		
Oxidation	FTIR	Abs	8.8			7.5			9.3		
Nitration	FTIR	Abs	8.1			7.6			9.0		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.2			9.2			9.0		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.069			0.071			0.062		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.17			0.02			0.40		
Sodium	D-6595	PPM	2			1			1		
Silicon	D-6595	PPM	5.0	3.1		6.1	1.3		6.9	4.1	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	52			49			33		
Magnesium	D-6595	PPM	2133			2031			2090		
Calcium	D-6595	PPM	32			23			41		
Barium	D-6595	PPM	14			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1227			1087			1074		
Zinc	D-6595	PPM	1258	609		1257	222		1274	268	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-6 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 12025 ถึง 13750 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67343			67342			67341		
Date sampled			02-Dec-06			01-Dec-06			01-Dec-06		
Hours on Oil			4189 kms			3486 kms			2464 kms		
Hours on Unit			344861 kms			344158 kms			343136 kms		
Bottle ID			847634			847632			847630		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	15.5	10.4		11.5	7.1		9.6	3.3	
Chromium	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.1	0.0		0.5	0.0	
Lead	D-6595	PPM	9.7 C	8.4		6.3	8.4		6.5	2.8	
Copper	D-6595	PPM	0.4	0.1		0.3	0.2		0.2	0.0	
Tin	D-6595	PPM	1.2	0.0		0.0	1.6		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.6	9.3 A		1.6	7.2 C		1.4	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.1	0.0		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.9	5.4		0.1	3.8		0.8	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	160.6			161.6			158.1		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.9			15.7			15.5		
Oxidation	FTIR	Abs	9.6			9.3			9.1		
Nitration	FTIR	Abs	9.4			9.1			8.6		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.8			8.8			8.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.069			0.065			0.065		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.50			0.43			0.31		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	10.9	5.7		8.2	4.2		7.7	2.8	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	40			39			44		
Magnesium	D-6595	PPM	2222			2034			2120		
Calcium	D-6595	PPM	44			39			36		
Barium	D-6595	PPM	7			5			12		
Phosphorus	D-6595	PPM	1128			1102			1202		
Zinc	D-6595	PPM	1265	491		1232	456		1239	249	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

	RDE fine	RFS coarse
0		
9	>13	>21 >16 >21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-7 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 15135 ถึง 17178 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified.

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Silton

Condition History			Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine Diesel General PTT D3 SAE 40
			N	N	N	N	N	N	N	N	N	
FocusLab ID	Test Method	Result	67396			67345			67344			
Date sampled			04-Dec-06			04-Dec-06			03-Dec-06			
Hours on Oil			2043 kms			1314 kms			0 kms			
Hours on Unit			348289 kms			347560 kms			346246 kms			
Bottle ID			859248			859246			847640			

Wear Condition										RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	New Oil	U-Caution	U-Action	U-Caution	U-Action
Iron	D-6595	PPM	20.7	9.4	7.2	3.9	3.3	2.1	1	>24	>38	>33	>53
Chromium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
Lead	D-6595	PPM	5.2	3.9	3.1	5.8	1.3	1.4	0	>8	>13	>9	>15
Copper	D-6595	PPM	0.3	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0	>15	>25	>20	>34
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
Aluminum	D-6595	PPM	1.3	2.2	0.8	0.0	0.5	0.0	0	>4	>6	>6	>9
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	1.1	3.2	0.3	3.4	0.3	0.0	77				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition													
									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	157.9		153.1		154.2		146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.6		15.4		15.0		14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
Oxidation	FTIR	Abs	9.4		8.9		7.8		5.0			>14	>19
Nitration	FTIR	Abs	8.8		8.4		7.8		4.0			>11	>14
TAN	D-974	mg KOH/g										>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.1		9.0		9.1		9.7	<2	<4.8		

Contamination													
									New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.064		0.063		0.075		0.073			>0.1	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10		0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0						
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.35		0.24		0.03		0.00			>2.1	>5.1
										RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	2		2		2		0				
Silicon	D-6595	PPM	6.8	3.0	6.6	4.3	8.5	5.1	9	>13	>21	>16	>21

Additive Element													
									New Oil				
Boron	D-6595	PPM	45		50		63		0				
Magnesium	D-6595	PPM	2153		2095		2104		3012				
Calcium	D-6595	PPM	32		33		31		24				
Barium	D-6595	PPM	18		15		11		0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1217		1219		1190		963				
Zinc	D-6595	PPM	1184	539	1246	361	1257	225	1254				

Additional Test													
									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C											
Viscosity Index	D-2270												
Other													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-8 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 17871 ถึง 18896 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified.

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67399			67398			67397		
Date sampled			06-Dec-06			05-Dec-06			05-Dec-06		
Hours on Oil			3761 kms			3023 kms			2736 kms		
Hours on Unit			350007 kms			349269 kms			348982 kms		
Bottle ID			859254			859252			859250		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	22.3	18.3		21.9	11.4		22.4	19.9	
Chromium	D-6595	PPM	0.1	0.6		0.4	0.4		0.4	1.1	
Lead	D-6595	PPM	6.7	11.2	C	5.6	7.9		6.1	12.9	C
Copper	D-6595	PPM	0.5	0.6		0.4	0.2		0.4	0.4	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	3.6	
Aluminum	D-6595	PPM	1.9	9.5	A	1.6	0.0		1.8	10.3	A
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.5	0.0		0.4	0.6	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.2	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	11.2		0.7	6.3		1.0	12.5	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.4	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	160.9			159.4			159.4		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.5			15.8			15.7		
Oxidation	FTIR	Abs	9.6			9.3			9.3		
Nitration	FTIR	Abs	9.5			9.1			9.1		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.0			13.8			9.2		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.067			0.066			0.065		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.42			0.41			0.39		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	8.9	5.7		8.6	4.0		8.1	7.4	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	39			42			43		
Magnesium	D-6595	PPM	2089			2153			2173		
Calcium	D-6595	PPM	35			33			32		
Barium	D-6595	PPM	6			13			18		
Phosphorus	D-6595	PPM	1103			1178			1250		
Zinc	D-6595	PPM	1230	745		1216	445		1195	647	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
9	>13	>21	>16	>21

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level
L-Caution : Lower CAUTION Level
L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-9 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 20001 ถึง 20699 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified.

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History			Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	C	N	N	C	N	N
FocusLab ID	Test Method	Result	67539			67538			67537		
Date sampled			08-Dec-06			08-Dec-06			07-Dec-06		
Hours on Oil			0 kms			5564 kms			4866 kms		
Hours on Unit			351810 kms			351810 kms			351112 kms		
Bottle ID			859262			859260			859258		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	3.2	3.7		26.9 C	24.5		29.2 C	34.0 C	
Chromium	D-6595	PPM	0.3	0.6		0.0	0.5		0.6	1.3	
Lead	D-6595	PPM	1.6	6.8		8.3 C	12.9 C		8.5 C	16.0 A	
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.8	0.0		0.7	0.3	
Tin	D-6595	PPM	0.0	4.7		0.0	3.8		0.0	3.3	
Aluminum	D-6595	PPM	0.7	4.0		2.5	11.8 A		2.6	13.1 A	
Nickel	D-6595	PPM	0.6 C	0.1		0.3	0.0		0.7 C	0.5	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	1.0	11.0		0.4	7.5		0.8	12.1	
Titanium	D-6595	PPM	0.2	0.2		0.1	0.2		0.2	0.2	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	149.7			166.2 C			164.4 C		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.0			16.2			16.0		
Oxidation	FTIR	Abs	7.8			10.0			9.7		
Nitration	FTIR	Abs	7.8			10.2			9.9		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.0			10.1			10.7		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.076			0.074			0.072		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.00			0.56			0.52		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	5.3	5.5		8.7	7.9		9.0	8.8	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	50			30			34		
Magnesium	D-6595	PPM	1962			2090			2268		
Calcium	D-6595	PPM	23			36			36		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	947			899			990		
Zinc	D-6595	PPM	1197	664		1187	320		1241	628	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil	U-Caution	U-Action	U-Caution	U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

			RDE fine	RFS coarse
New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 9600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-10 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 21399 ถึง 22808 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67629			67628			67627		
Date sampled			09-Dec-06			09-Dec-06			08-Dec-06		
Hours on Oil			2109 kms			1401 kms			700 kms		
Hours on Unit			353919 kms			353211 kms			352510 kms		
Bottle ID			859268			859266			859264		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	11.0	7.0		11.1	5.2		10.0	2.6	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.1	0.2		0.6	0.0	
Lead	D-6595	PPM	4.5	2.8		2.7	3.8		3.1	0.4	
Copper	D-6595	PPM	0.5	0.1		0.3	0.1		0.2	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.9	0.0		0.0	0.0		0.6	0.7	
Aluminum	D-6595	PPM	1.5	0.0		0.9	0.0		0.9	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.5	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.3	0.0		0.5	0.6	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	157.8			155.3			152.6		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.5			15.3			15.2		
Oxidation	FTIR	Abs	9.1			9.2			9.0		
Nitration	FTIR	Abs	8.6			8.5			8.1		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	11.6			8.5			8.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.066			0.063			0.065		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.30			0.30		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.33			0.22			0.11		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	4.8	2.9		4.0	2.0		3.6	1.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	38			43			46		
Magnesium	D-6595	PPM	2178			2039			1960		
Calcium	D-6595	PPM	35			26			26		
Barium	D-6595	PPM	0			4			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	977			1111			1060		
Zinc	D-6595	PPM	1197	449		1144	631		1142	222	
Additive Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-11 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 23545 ถึง 24994 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67652			67651			67650		
Date sampled			11-Dec-06			10-Dec-06			10-Dec-06		
Hours on Oil			4295 kms			3566 kms			2846 kms		
Hours on Unit			356105 kms			355376 kms			354656 kms		
Bottle ID			859274			859272			859270		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	13.9	15.2		13.5	10.7		13.2	13.9	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.6		0.5	0.0		0.4	0.5	
Lead	D-6595	PPM	7.5	11.0 C		7.0	7.1		6.3	8.1	
Copper	D-6595	PPM	0.6	0.3		0.5	0.2		0.4	0.2	
Tin	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.6	0.0		0.1	0.5	
Aluminum	D-6595	PPM	2.4	11.5 A		2.1	7.6 C		1.8	8.5 C	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.2		0.0	0.0		0.0	0.1	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	9.0		0.6	7.2		0.8	4.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	162.6 C			161.1 C			159.5		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	16.0			15.8			15.7		
Oxidation	FTIR	Abs	10.0			9.7			9.4		
Nitration	FTIR	Abs	9.7			9.3			9.0		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.0			8.9			9.4		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.068			0.065			0.067		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.42			0.38			0.37		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	7.1	6.0		6.5	4.4		6.0	5.1	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	33			35			38		
Magnesium	D-6595	PPM	2215			2286			2278		
Calcium	D-6595	PPM	37			36			34		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1001			1026			1070		
Zinc	D-6595	PPM	1258	657		1290	648		1228	752	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil				
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-12 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 24994 ถึง 27071 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67655			67654			67653		
Date sampled			12-Dec-06			12-Dec-06			11-Dec-06		
Hours on Oil			2077 kms			1359 kms			0 kms		
Hours on Unit			358182 kms			357465 kms			356105 kms		
Bottle ID			859280			859278			859276		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**		**RFS coarse**	**RDE fine**		**RFS coarse**	**RDE fine**		**RFS coarse**
Iron	D-6595	PPM	5.7		4.6	3.8		3.8	1.3		1.2
Chromium	D-6595	PPM	0.5		0.0	0.7		0.2	0.2		0.0
Lead	D-6595	PPM	3.8		7.4	3.7		3.3	1.2		0.0
Copper	D-6595	PPM	0.3		0.1	0.2		0.1	0.1		0.1
Tin	D-6595	PPM	1.6		0.0	1.8		0.0	1.2		0.5
Aluminum	D-6595	PPM	1.5		3.8	1.2		10.5 A	0.6		4.3
Nickel	D-6595	PPM	0.6		0.0	0.2		0.0	0.0		0.0
Silver	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0		0.0
Molybdenum	D-6595	PPM	0.6		10.2	0.5		10.3	0.6		0.0
Titanium	D-6595	PPM	0.2		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	155.9			154.4			150.6		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.4			15.3			15.0		
Oxidation	FTIR	Abs	9.7			9.6			8.4		
Nitration	FTIR	Abs	8.7			8.4			7.9		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.1			8.7			9.2		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.061			0.063			0.073		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.12			0.05			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			1		
Silicon	D-6595	PPM	6.2		3.6	3.7		3.1	5.0		3.3
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	57			43			50		
Magnesium	D-6595	PPM	2097			2168			2018		
Calcium	D-6595	PPM	27			30			27		
Barium	D-6595	PPM	12			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1245			997			958		
Zinc	D-6595	PPM	1235		767	1236		787	1260		270
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine L-Action	RDE fine L-Caution	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-13 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 27785 ถึง 29009 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Alarm Limit Range Wear	Alarm Limit Range Oil	Alarm Limit Range Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67857			67856			67855		
Date sampled			14-Dec-06			13-Dec-06			13-Dec-06		
Hours on Oil			4015 kms			3510 kms			2791 kms		
Hours on Unit			360120 kms			359615 kms			358896 kms		
Bottle ID			859824			859822			859820		

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

Wear Condition / Wear Element	Method	Unit	Current Sample RDE fine	Current Sample RFS coarse	Previous Sample RDE fine	Previous Sample RFS coarse	Alarm Limit Range RDE fine	Alarm Limit Range RFS coarse
							New Oil / U-Caution / U-Action	New Oil / U-Caution / U-Action
Iron	D-6595	PPM	8.4	8.9	8.3	11.2	6.7 / 1 / >24 / >38	9.8 / >33 / >53
Chromium	D-6595	PPM	0.4	0.1	0.7	0.6	0.6 / 0 / >1 / >1.7	0.4 / >1.6 / >2.4
Lead	D-6595	PPM	6.8	8.9	7.1	10.3 C	5.5 / 0 / >8 / >13	8.5 / >9 / >15
Copper	D-6595	PPM	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3 / 0 / >15 / >25	0.3 / >20 / >34
Tin	D-6595	PPM	0.9	0.5	1.3	4.7	0.3 / 0 / >3.2 / >5.8	3.8 / >6.6 / >11.7
Aluminum	D-6595	PPM	2.4	10.9 A	2.7	10.9 A	2.3 / 0 / >4 / >6	6.1 C / >6 / >9
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.0	0.5	0.1	0.5 / 0 / >0.6 / >1.1	0.0 / >2.6 / >4.1
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 / 0	0.1
Molybdenum	D-6595	PPM	0.4	7.7	1.1	9.2	1.1 / 77	10.6
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0 / 0	0.0
Oil Condition							New Oil / L-Action / L-Caution / U-Caution / U-Action	
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	161.3 C		159.8		157.9	146.3 / <124.35 / <131.67 / >160.93 / >168.24
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.8		15.7		15.6	14.9 / <12.7 / <13.44 / >16.4 / >17.18
Oxidation	FTIR	Abs	10.1		9.9		9.7	5.0 / >14 / >19
Nitration	FTIR	Abs	9.6		9.4		9.1	4.0 / >11 / >14
TAN	D-974	mg KOH/g						>3.1 / >3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.5		10.1		8.1	9.7 / <2 / <4.8
Contamination							New Oil / U-Caution / U-Action	
Water	FTIR	% (Wt.)	0.069		0.066		0.068	0.073 / >0.1 / >0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10	0.00 / >3 / >5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0	
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.33		0.30		0.29	0.00 / >2.1 / >5.1
							RDE fine	RFS coarse
Sodium	D-6595	PPM	2		2		2	0
Silicon	D-6595	PPM	8.9	4.9	8.7	6.9	7.8	3.5 / 9 / >13 / >21 / >16 / >21
Additive Element							New Oil	
Boron	D-6595	PPM	40		42		42	0
Magnesium	D-6595	PPM	2200		2223		2135	3012
Calcium	D-6595	PPM	30		30		27	24
Barium	D-6595	PPM	0		0		3	0
Phosphorus	D-6595	PPM	1085		1137		1117	963
Zinc	D-6595	PPM	1177	684	1234	811	1126	762 / 1254
Additional Test							New Oil / L-Action / L-Caution / U-Caution / U-Action	
Flash Point	D-3828	°C						
Viscosity Index	D-2270							
Other								

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-14 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 29009 ถึง 31154 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating: Wear Condition NORMAL, Oil Condition NORMAL, Contamination NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67877			67876			67875		
Date sampled			16-Dec-06			15-Dec-06			14-Dec-06		
Hours on Oil			2145 kms			1445 kms			0 kms		
Hours on Unit			362265 kms			361565 kms			360120 kms		
Bottle ID			859830			859828			859826		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	32.2 C	9.9		26.6 C	11.6		4.0	20.9	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.6		0.6	0.1		0.5	0.0	
Lead	D-6595	PPM	4.3	4.5		4.0	2.0		1.0	2.3	
Copper	D-6595	PPM	0.6	0.2		0.5	0.2		0.2	0.6	
Tin	D-6595	PPM	2.1	4.9		2.5	2.4		0.9	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.5	0.0		2.3	0.5		1.1	7.0 C	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.4		0.1	0.8		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.4	0.0		0.8	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.4		0.2	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	156.1			155.8			150.5		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.5			15.4			14.9		
Oxidation	FTIR	Abs	9.9			9.7			8.5		
Nitration	FTIR	Abs	8.9			8.6			8.0		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	11.5			8.4			8.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.063			0.063			0.075		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.20			0.16			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	7.8	2.0		7.3	1.7		8.3	5.7	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	46			49			76		
Magnesium	D-6595	PPM	2149			2061			2096		
Calcium	D-6595	PPM	33			31			25		
Barium	D-6595	PPM	0			0			18		
Phosphorus	D-6595	PPM	1001			982			1347		
Zinc	D-6595	PPM	1285	227		1220	244		1226	462	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-15 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 31890 ถึง 33708 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			68000			67999			67998		
Date sampled			18-Dec-06			17-Dec-06			16-Dec-06		
Hours on Oil			4699 kms			4014 kms			2881 kms		
Hours on Unit			364819 kms			364134 kms			363001 kms		
Bottle ID			859838			859834			859832		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	36.0 C	17.4		33.8 C	13.1		34.1 C	9.2	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.1		0.6	0.2		0.7	0.5	
Lead	D-6595	PPM	7.6	6.1		6.8	2.1		6.4	3.4	
Copper	D-6595	PPM	0.8	0.3		0.7	0.2		0.6	0.2	
Tin	D-6595	PPM	1.1	2.0		1.5	2.4		1.1	3.9	
Aluminum	D-6595	PPM	3.2	7.0 C		2.9	0.0		2.8	0.9	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.2	0.5		0.2	0.8	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.2	0.0		0.8	1.8	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.2	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	162.1 C			161.3 C			159.0		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	16.1			15.9			15.7		
Oxidation	FTIR	Abs	10.4			10.2			9.9		
Nitration	FTIR	Abs	10.0			9.7			9.1		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	7.7			11.4			8.3		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.063			0.061			0.062		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.35			0.34			0.24		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	9.9	2.9		8.6	0.7		8.7	2.1	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	41			40			45		
Magnesium	D-6595	PPM	2172			2063			2187		
Calcium	D-6595	PPM	34			31			31		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1007			1033			1117		
Zinc	D-6595	PPM	1233	289		1232	254		1232	213	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-16 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 33708 ถึง 35463 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			68003			68002			68001		
Date sampled			19-Dec-06			19-Dec-06			18-Dec-06		
Hours on Oil			1755 kms			1045 kms			0 kms		
Hours on Unit			366574 kms			365864 kms			364819 kms		
Bottle ID			859844			859842			859840		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	17.1	11.1		14.5	9.8		2.8	3.1	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.2		0.4	0.0		0.2	0.4	
Lead	D-6595	PPM	4.4	6.7		1.7	4.4		0.0	5.6	
Copper	D-6595	PPM	0.3	0.2		0.2	0.1		0.1	0.1	
Tin	D-6595	PPM	2.1	2.6		0.6	0.7		1.3	6.6	
Aluminum	D-6595	PPM	1.8	1.1		1.0	2.6		0.8	1.4	
Nickel	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.2	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.6	5.4		0.0	7.6		0.1	10.5	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.3	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	155.9			154.0			149.7		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.4			15.2			14.9		
Oxidation	FTIR	Abs	9.6			9.4			8.4		
Nitration	FTIR	Abs	8.6			8.3			7.9		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.9			9.0			11.3		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.063			0.062			0.070		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20			0.20			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.16			0.09			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	1			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	5.2	2.6		4.0	2.1		7.2	3.8	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	46			50			60		
Magnesium	D-6595	PPM	1999			2059			2112		
Calcium	D-6595	PPM	29			28			27		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	988			1030			1030		
Zinc	D-6595	PPM	1234	746		1202	676		1236	441	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-17 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 36038 ถึง 37330 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			68197			68196			68195		
Date sampled			21-Dec-06			20-Dec-06			20-Dec-06		
Hours on Oil			3622 kms			2997 kms			2330 kms		
Hours on Unit			368441 kms			367816 kms			367149 kms		
Bottle ID			859850			859848			859846		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	28.2 C	7.7		26.1 C	13.3		18.9	10.9	
Chromium	D-6595	PPM	0.4	0.3		0.0	0.9		0.3	0.4	
Lead	D-6595	PPM	6.3	4.5		4.4	10.3 C		4.3	8.1	
Copper	D-6595	PPM	0.5	0.2		0.4	0.3		0.4	0.3	
Tin	D-6595	PPM	1.0	4.7		1.0	7.9 C		2.1	3.6	
Aluminum	D-6595	PPM	2.0	1.5		1.8	10.2 A		1.7	9.2 A	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.7		0.0	0.6		0.1	0.1	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	5.1		0.0	11.9		0.0	11.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.2		0.0	0.6		0.0	0.3	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	158.8			157.6			155.1		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.6			15.6			15.4		
Oxidation	FTIR	Abs	9.6			9.6			9.6		
Nitration	FTIR	Abs	9.1			8.9			8.7		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.6			8.6			8.6		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.061			0.059			0.065		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.31			0.30			0.24		
Sodium	D-6595	PPM	2			1			1		
Silicon	D-6595	PPM	6.8	1.7		8.2	3.8		5.9	4.3	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	47			47			48		
Magnesium	D-6595	PPM	2081			2080			1994		
Calcium	D-6595	PPM	31			32			30		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1162			1123			1117		
Zinc	D-6595	PPM	1137	236		1254	534		1249	586	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-18 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 38014 ถึง 39208 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified.

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			68387			68386			68385		
Date sampled			22-Dec-06			21-Dec-06			21-Dec-06		
Hours on Oil			1194 kms			0 kms			4306 kms		
Hours on Unit			370319 kms			369125 kms			369125 kms		
Bottle ID			859784			859854			859852		

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

Wear Condition									New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse					
Iron	D-6595	PPM	9.9	5.7	3.1	2.8	26.3 C	18.8	1	>24	>38	>33	>53
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.0	0.0	0.1	0.5	0.4	0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
Lead	D-6595	PPM	3.4	3.5	0.7	2.3	6.6	9.7 C	0	>8	>13	>9	>15
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.1	0.1	0.0	0.5	0.3	0	>15	>25	>20	>34
Tin	D-6595	PPM	0.7	0.0	0.7	3.8	1.6	2.9	0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
Aluminum	D-6595	PPM	1.3	0.0	0.8	0.0	2.2	10.2 A	0	>4	>6	>6	>9
Nickel	D-6595	PPM	0.6	0.0	0.3	0.5	0.5	0.0	0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.8	7.3	0.0	0.0	0.3	10.8	77				
Titanium	D-6595	PPM	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0				

Oil Condition									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	151.8		149.6		160.1		146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.3		14.9		15.7		14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
Oxidation	FTIR	Abs	9.5		8.3		9.8		5.0			>14	>19
Nitration	FTIR	Abs	8.3		7.9		9.3		4.0			>11	>14
TAN	D-974	mg KOH/g										>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g	11.1		9.4		8.6		9.7	<2	<4.8		

Contamination									New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.067		0.077		0.064		0.073			>0.1	>0.3
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10		0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0						
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.10		0.00		0.34		0.00			>2.1	>5.1
										RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	2		1		2		0				
Silicon	D-6595	PPM	4.6	2.4	6.1	3.9	7.9	5.2	9	>13	>21	>16	>21

Additive Element									New Oil
Boron	D-6595	PPM	52		61		43		0
Magnesium	D-6595	PPM	2005		2002		2049		3012
Calcium	D-6595	PPM	25		25		28		24
Barium	D-6595	PPM	0		0		0		0
Phosphorus	D-6595	PPM	1164		1137		1102		963
Zinc	D-6595	PPM	1128	422	1166	191	1205	591	1254

Additional Test									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C											
Viscosity Index	D-2270												
Other													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-19 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อว 5277 ที่ใช้น้ำมันดีเซลในช่วงระยะทาง 39832 ถึง 41227 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

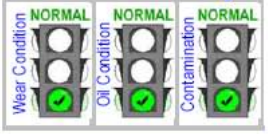
ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OW 5277 Eng
Unit Type : Engine Diesel
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DIESEL
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History			Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID	Test Method	Result	68481			68480			68479		
Date sampled			25-Dec-06			24-Dec-06			23-Dec-06		
Hours on Oil			3213 kms			2436 kms			1818 kms		
Hours on Unit			372338 kms			371561 kms			370943 kms		
Bottle ID			859790			859788			859786		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	16.0	9.9		16.5	8.2		14.4	6.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.3	0.3		0.4	0.0		0.4	0.2	
Lead	D-6595	PPM	5.3	6.7		4.9	5.5		3.9	3.6	
Copper	D-6595	PPM	0.3	0.1		0.3	0.1		0.3	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.7		2.3	2.7		1.9	1.3	
Aluminum	D-6595	PPM	1.4	7.3 C		1.7	5.2		1.7	0.8	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.1	0.1	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.1		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	10.0		0.0	3.4		0.0	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.2		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	154.3			154.0			152.2		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.6			15.5			15.5		
Oxidation	FTIR	Abs	9.9			9.8			9.7		
Nitration	FTIR	Abs	9.2			8.9			8.6		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.7			8.7			8.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.068			0.067			0.067		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.30			0.25			0.19		
Sodium	D-6595	PPM	1			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	6.7	4.4		7.9	3.9		7.8	2.3	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	42			50			53		
Magnesium	D-6595	PPM	2110			2095			2120		
Calcium	D-6595	PPM	30			31			31		
Barium	D-6595	PPM	5			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1139			1100			1103		
Zinc	D-6595	PPM	1186	411		1293	285		1240	218	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine	RDE fine	RFS coarse	RFS coarse
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil				
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 9800-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-20 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 ถึง 803 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

AO (anti-oxidant) additive, as measured by ASTM D-6971, is considered Satisfactory at this time.
Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample	Previous Sample
		Wear / Oil / Cont.	N N N	N N N
FocusLab ID			67016	66878
Date sampled			22-Nov-06	20-Nov-06
Hours on Oil			803 kms	0 kms
Hours on Unit			320768 kms	319965 kms
Bottle ID			848205	848202

Wear Condition

Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse
Iron	D-6595	PPM	8.5	5.5	4.3	5.3
Chromium	D-6595	PPM	0.2	0.0	0.6	0.0
Lead	D-6595	PPM	19.3 A	9.7	10.8 C	5.6
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.1	0.1	0.0
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.5	1.4	3.0
Aluminum	D-6595	PPM	1.1	0.0	1.4	0.0
Nickel	D-6595	PPM	0.6	0.0	0.4	0.0
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0	0.1	0.0
Molybdenum	D-6595	PPM	2.4	0.0	2.4	0.0
Titanium	D-6595	PPM	0.1	0.0	0.0	0.0

Oil Condition

Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	144.5		142.2	
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.2		14.8	
Oxidation	FTIR	Abs	9.2		7.7	
Nitration	FTIR	Abs	8.0		7.5	
TAN	D-974	mg KOH/g.				
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.8		6.6	

Contamination

Water	FTIR	% (Wt.)	0.082		0.078	
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10	
Glycol	FTIR	Abs	0		0	
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.08		0.00	
Sodium	D-6595	PPM	2		1	
Silicon	D-6595	PPM	5.4	1.5	7.0	2.6

Additive Element

Boron	D-6595	PPM	56		60	
Magnesium	D-6595	PPM	1860		1832	
Calcium	D-6595	PPM	319		268	
Barium	D-6595	PPM	8		0	
Phosphorus	D-6595	PPM	1099		1151	
Zinc	D-6595	PPM	1180	206	1194	183

Additional Test

Flash Point	D-3828	°C				
Viscosity Index	D-2270					
Other						

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-21 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1824 ถึง 3056 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

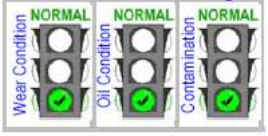
Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

AO (anti-oxidant) additive, as measured by ASTM D-6971, is considered Satisfactory at this time.
Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	C	N	N	N
FocusLab ID			67019			67018			67017		
Date sampled			24-Nov-06			24-Nov-06			23-Nov-06		
Hours on Oil			0 kms			3056 kms			1824 kms		
Hours on Unit			323021 kms			323021 kms			321789 kms		
Bottle ID			848211			848209			848207		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	3.0	1.4		13.7	15.6		11.4	18.6	
Chromium	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.1	0.0		0.2	0.0	
Lead	D-6595	PPM	4.2	3.3		30.9 A	24.2		25.7 A	19.1	
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.5	0.3		0.4	0.2	
Tin	D-6595	PPM	1.2	2.6		0.6	3.9		0.2	0.2	
Aluminum	D-6595	PPM	0.9	0.0		2.4	10.9		1.5	5.7	
Nickel	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.7 C	0.0		0.5	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.7	0.0		2.5	0.2		2.0	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	150.3			151.5			143.9		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.9			15.7			15.2		
Oxidation	FTIR	Abs	7.8			9.7			9.4		
Nitration	FTIR	Abs	7.7			8.9			8.4		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.3			8.5			8.7		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.089			0.081			0.079		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.00			0.34			0.18		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	6.6	0.0		7.3	3.9		6.1	4.9	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	60			44			47		
Magnesium	D-6595	PPM	2043			1946			1798		
Calcium	D-6595	PPM	63			346			312		
Barium	D-6595	PPM	0			2			2		
Phosphorus	D-6595	PPM	1039			1051			1056		
Zinc	D-6595	PPM	1175	196		1180	303		1183	272	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-22 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 4232 ถึง 6062 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67141			67140			67139		
Date sampled			26-Nov-06			26-Nov-06			25-Nov-06		
Hours on Oil			3006 kms			2031 kms			1176 kms		
Hours on Unit			326027 kms			325052 kms			324197 kms		
Bottle ID			848219			848217			848215		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	7.7	5.3		5.6	5.4		4.7	1.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.6	0.0		0.5	0.0	
Lead	D-6595	PPM	14.2 A	7.7		10.8 C	8.5		9.2 C	2.4	
Copper	D-6595	PPM	0.4	0.1		0.3	0.1		0.2	0.0	
Tin	D-6595	PPM	1.8	2.3		1.6	0.3		1.0	2.4	
Aluminum	D-6595	PPM	2.1	0.0		1.5	4.8		1.2	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.4	0.0		0.5	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.9	0.0		0.7	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	159.5			157.1			152.8		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	16.1			15.6			15.3		
Oxidation	FTIR	Abs	9.8			9.2			8.9		
Nitration	FTIR	Abs	9.2			8.6			8.2		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.1			8.9			8.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.075			0.077			0.080		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.30			0.23			0.15		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	5.7	1.0		4.7	2.0		4.6	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	41			41			45		
Magnesium	D-6595	PPM	2203			2075			2182		
Calcium	D-6595	PPM	98			89			79		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	992			964			1038		
Zinc	D-6595	PPM	1265	211		1259	236		1321	206	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-23 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 6062 ถึง 7754 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67179			67143			67142		
Date sampled			27-Nov-06			27-Nov-06			26-Nov-06		
Hours on Oil			1692 kms			762 kms			0 kms		
Hours on Unit			327719 kms			326789 kms			326027 kms		
Bottle ID			848225			848223			848221		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	3.8	2.8		3.7	5.6		1.6	0.6	
Chromium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.5	0.0		0.4	0.0	
Lead	D-6595	PPM	4.8	5.5		5.0	4.0		1.7	2.7	
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.1	0.0		0.1	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	4.6		0.7	2.3		0.9	3.2	
Aluminum	D-6595	PPM	0.3	0.5		1.3	8.3 C		0.8	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.3	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.8	0.0		0.3	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt	159.2			154.9			150.5		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	15.6			15.4			15.0		
Oxidation	FTIR	Abs	9.1			8.7			7.6		
Nitration	FTIR	Abs	8.4			8.1			7.7		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.1			9.1			9.3		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.084			0.077			0.086		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.25			0.22			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	1			1			1		
Silicon	D-6595	PPM	3.7	1.7		4.3	2.4		5.9	0.3	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	40			50			56		
Magnesium	D-6595	PPM	2149			2238			2126		
Calcium	D-6595	PPM	34			36			31		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1070			1077			1031		
Zinc	D-6595	PPM	1217	219		1314	210		1296	194	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-24 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 8914 ถึง 9564 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note abnormal wear metals.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67182			67181			67180		
Date sampled			29-Nov-06			29-Nov-06			28-Nov-06		
Hours on Oil			0 kms			3502 kms			2852 kms		
Hours on Unit			329529 kms			329529 kms			328879 kms		
Bottle ID			848231			848229			848227		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	1.2	8.2		5.4	1.1		5.0	6.9	
Chromium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.2	0.0		0.0	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.8	11.5 C		8.6 C	1.6		7.3	7.9	
Copper	D-6595	PPM	0.0	0.2		0.3	0.0		0.3	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	1.6		0.0	2.4		0.0	1.2	
Aluminum	D-6595	PPM	0.3	10.8 A		1.2	1.7		1.0	7.3 C	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.4	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	6.5		0.8	0.0		0.7	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	150.6			165.2			162.6		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.9			16.1			15.9		
Oxidation	FTIR	Abs	7.7			10.3			9.9		
Nitration	FTIR	Abs	7.7			9.5			9.1		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.0			8.3			9.6		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.091			0.087			0.084		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.00			0.29			0.27		
Sodium	D-6595	PPM	1			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	6.1	5.8		5.1	0.2		4.9	2.8	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	50			35			37		
Magnesium	D-6595	PPM	2059			2050			2189		
Calcium	D-6595	PPM	23			37			37		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1057			1041			1098		
Zinc	D-6595	PPM	1317	284		1189	196		1213	259	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-25 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 10631 ถึง 13056 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note abnormal wear metals.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67334			67333			67332		
Date sampled			01-Dec-06			01-Dec-06			30-Nov-06		
Hours on Oil			3492 kms			2468 kms			1067 kms		
Hours on Unit			333021 kms			331997 kms			330596 kms		
Bottle ID			847631			847629			848233		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	6.4	6.5		5.4	3.1		3.1	2.8	
Chromium	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.2	0.0		0.0	0.0	
Lead	D-6595	PPM	9.9 C	8.2		7.6	6.8		3.4	5.5	
Copper	D-6595	PPM	0.4	0.1		0.2	0.1		0.1	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.3		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	1.6	7.1 C		1.2	2.3		0.3	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.3	0.0		0.1	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.7	7.8		0.9	1.9		0.0	7.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt	170.2			163.2			156.9		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	16.3			16.1			15.5		
Oxidation	FTIR	Abs	10.8			10.0			9.2		
Nitration	FTIR	Abs	9.6			9.0			8.3		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.3			10.0			9.2		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.091			0.088			0.089		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.38			0.31			0.14		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	10.4	4.4		9.7	3.6		5.9	2.3	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	45			45			49		
Magnesium	D-6595	PPM	2203			2105			2055		
Calcium	D-6595	PPM	36			32			27		
Barium	D-6595	PPM	17			20			20		
Phosphorus	D-6595	PPM	1233			1229			1242		
Zinc	D-6595	PPM	1222	267		1175	291		1196	407	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				
New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-26 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 13761 ถึง 15147 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

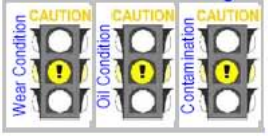
Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note viscosity starting to increase.
Minor amount of dirt and abrasive wear noted.
Recommend check to determine how dirt is entering the system and correct the problem to prevent further dirt entry.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	C	C	C	C	N	N	N	N
FocusLab ID			67337			67336			67335		
Date sampled			03-Dec-06			02-Dec-06			02-Dec-06		
Hours on Oil			5583 kms			4834 kms			4197 kms		
Hours on Unit			335112 kms			334363 kms			333726 kms		
Bottle ID			847637			847635			847633		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**		**RFS coarse**	**RDE fine**		**RFS coarse**	**RDE fine**		**RFS coarse**
Iron	D-6595	PPM	10.4		11.1	8.9		6.6	8.1		5.7
Chromium	D-6595	PPM	0.4		0.4	0.5		0.0	0.2		0.0
Lead	D-6595	PPM	13.4 A		17.4 A	12.2 C		9.6 C	11.2 C		8.9
Copper	D-6595	PPM	0.9		0.4	0.7		0.2	0.5		0.1
Tin	D-6595	PPM	0.0		0.6	0.0		1.3	0.0		0.0
Aluminum	D-6595	PPM	2.9		12.1 A	2.5		10.1 A	1.7		3.1
Nickel	D-6595	PPM	0.4		0.0	0.6 C		0.0	0.4		0.0
Silver	D-6595	PPM	0.0		0.5	0.0		0.0	0.0		0.0
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5		6.9	1.0		4.9	0.5		6.7
Titanium	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	181.7			175.3			174.8		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	17.7 A			17.4 A			17.2 A		
Oxidation	FTIR	Abs	12.2			11.6			11.1		
Nitration	FTIR	Abs	10.7			10.2			9.9		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.3			8.7			9.0		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.098			0.098			0.096		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.72			0.63			0.55		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	14.8 C		7.6	11.3		4.4	9.6		4.2
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	43			44			43		
Magnesium	D-6595	PPM	2158			2134			2173		
Calcium	D-6595	PPM	45			43			39		
Barium	D-6595	PPM	5			10			14		
Phosphorus	D-6595	PPM	1030			1079			1149		
Zinc	D-6595	PPM	1153		497	1149		251	1170		393
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0				
9	>13	>21	>16	>21
New Oil				
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-27 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 15147 ถึง 17194 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 8

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering Chulalongkorn University Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67400			67339			67338		
Date sampled			04-Dec-06			04-Dec-06			03-Dec-06		
Hours on Oil			2047 kms			1317 kms			0 kms		
Hours on Unit			337159 kms			336429 kms			335112 kms		
Bottle ID			859249			859247			847639		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	6.0	2.6		5.1	3.4		2.1	2.1	
Chromium	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.2	0.0		0.1	0.0	
Lead	D-6595	PPM	6.5	4.8		5.2	6.6		1.0	3.8	
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.1		0.2	0.0		0.0	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	1.4	0.0		1.0	2.0		0.2	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.3	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	5.3		0.4	3.9		0.4	1.4	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	163.9 C			160.6			152.9		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.9			15.7			15.6		
Oxidation	FTIR	Abs	10.1			9.4			7.8		
Nitration	FTIR	Abs	9.0			8.5			7.8		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.2			9.1			9.1		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.080			0.080			0.099		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.38			0.29			0.03		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			1		
Silicon	D-6595	PPM	11.1	4.0		12.4	3.1		9.0	3.1	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	47			53			65		
Magnesium	D-6595	PPM	2057			2177			2120		
Calcium	D-6595	PPM	31			31			27		
Barium	D-6595	PPM	6			16			12		
Phosphorus	D-6595	PPM	1071			1211			1169		
Zinc	D-6595	PPM	1226	177		1231	641		1249	704	
Additive Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-28 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17889 ถึง 19151 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

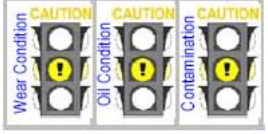
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Minor amount of dirt and abrasive wear noted.
Silicon and Aluminum are probably from dirt, and some wear metal levels are also abnormal. The dirt and wear may, or may not, be related to each other.
Note viscosity is higher than normal limits.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	C	C	C	C	C	N	N	N
FocusLab ID			67523			67402			67401		
Date sampled			07-Dec-06			06-Dec-06			05-Dec-06		
Hours on Oil			4004 kms			3020 kms			2742 kms		
Hours on Unit			339116 kms			338132 kms			337854 kms		
Bottle ID			859257			859253			859251		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	9.5	4.8		9.0	5.5		7.8	5.9	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.3		0.6	0.0		0.3	0.3	
Lead	D-6595	PPM	13.2 A	11.3 C		10.3 C	7.5		8.6 C	7.6	
Copper	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.4	0.1		0.3	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	1.3		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.6	5.9		2.3	8.7 C		1.8	3.8	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.6 C	0.0		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.1	0.0		0.0	0.5	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.6	11.5		1.1	8.2		1.0	6.9	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.3		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	178.6 A			168.5 A			167.3 C		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	17.6 A			16.6 C			16.4		
Oxidation	FTIR	Abs	10.7			10.5			10.4		
Nitration	FTIR	Abs	10.0			9.5			9.3		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.6			9.3			8.4		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.097			0.087			0.081		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.59			0.59			0.45		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	13.5 C	5.3		15.2 C	8.3		11.9	9.9	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	44			48			46		
Magnesium	D-6595	PPM	2231			2204			2102		
Calcium	D-6595	PPM	39			34			32		
Barium	D-6595	PPM	9			17			15		
Phosphorus	D-6595	PPM	1110			1222			1153		
Zinc	D-6595	PPM	1174	246		1215	358		1181	217	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-29 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 19881 ถึง 20578 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	C	C	C	C	C	N
FocusLab ID			67536			67535			67534		
Date sampled			08-Dec-06			08-Dec-06			07-Dec-06		
Hours on Oil			0 kms			5431 kms			4734 kms		
Hours on Unit			340543 kms			340543 kms			339846 kms		
Bottle ID			859263			859261			859259		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	1.0	0.6		10.1	10.6		8.2	5.7	
Chromium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.8	1.4		0.7	1.3	
Lead	D-6595	PPM	0.7	0.4		16.1 A	21.1 A		13.2 A	13.2 C	
Copper	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.6	0.0		0.5	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	2.5		0.0	0.4	
Aluminum	D-6595	PPM	0.3	0.0		3.4	12.5 A		2.7	10.8 A	
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.0		1.1 A	0.3		1.0 C	0.1	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.1		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.6	0.0		1.8	11.3		1.5	10.2	
Titanium	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.2	0.0		0.2	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt	149.7			186.8 A			175.4 A		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	15.0			18.3 A			17.7 A		
Oxidation	FTIR	Abs	7.8			11.4			11.1		
Nitration	FTIR	Abs	7.8			10.8			10.4		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.2			8.6			8.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.096			0.104 C			0.103 C		
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.00			0.00			0.00		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.00			0.00			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	5.5	2.2		13.8 C	9.5		12.4	6.4	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	54			39			38		
Magnesium	D-6595	PPM	2075			2219			2098		
Calcium	D-6595	PPM	22			35			33		
Barium	D-6595	PPM	0			1			2		
Phosphorus	D-6595	PPM	1032			1045			1009		
Zinc	D-6595	PPM	1239	211		1193	473		1106	538	
Additional Test											
Flash Point	Seta Flash	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
24				
3012				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-30 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 21280 ถึง 22689 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67626			67625			67624		
Date sampled			09-Dec-06			09-Dec-06			08-Dec-06		
Hours on Oil			2111 kms			1403 kms			702 kms		
Hours on Unit			342654 kms			341946 kms			341245 kms		
Bottle ID			859269			859267			859265		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	3.5	3.7		2.8	3.7		2.0	0.7	
Chromium	D-6595	PPM	0.4	0.7		0.3	0.4		0.2	0.2	
Lead	D-6595	PPM	6.3	10.0 C		4.1	7.6		2.9	5.3	
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.1		0.1	0.0		0.1	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.1		0.5	2.1		0.4	1.7	
Aluminum	D-6595	PPM	1.3	10.0 A		1.0	5.5		0.8	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.2	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.3	10.3		0.0	9.2		0.4	10.1	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	160.4			158.1			154.3		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.8			15.5			15.2		
Oxidation	FTIR	Abs	9.8			9.6			9.9		
Nitration	FTIR	Abs	9.1			8.7			8.3		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.3			8.7			11.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.072			0.068			0.068		
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.28			0.23			0.09		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	8.0	4.9		6.0	4.3		4.8	1.8	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	42			44			48		
Magnesium	D-6595	PPM	2166			2088			2018		
Calcium	D-6595	PPM	28			27			25		
Barium	D-6595	PPM	5			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1165			1030			1041		
Zinc	D-6595	PPM	1208	791		1222	602		1159	305	
Additional Test											
Flash Point	Seta Flash	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
24				
3012				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-31 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 23424 ถึง 24875 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Minor amount of dirt and abrasive wear noted.
Note viscosity is higher than normal limits.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	C	C	C	C	N	N	N	N
FocusLab ID			67646			67645			67644		
Date sampled			11-Dec-06			10-Dec-06			10-Dec-06		
Hours on Oil			4297 kms			3567 kms			2846 kms		
Hours on Unit			344840 kms			344110 kms			343389 kms		
Bottle ID			859275			859273			859271		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	6.3	12.0		4.4	9.6		3.9	11.3	
Chromium	D-6595	PPM	0.8	0.8		0.6	0.9		0.4	1.0	
Lead	D-6595	PPM	11.6 C	16.7 A		9.2 C	15.9 A		7.5	15.4 A	
Copper	D-6595	PPM	0.4	0.3		0.3	0.3		0.2	0.3	
Tin	D-6595	PPM	1.3	0.1		0.6	2.4		0.5	2.3	
Aluminum	D-6595	PPM	2.7	12.9 A		1.8	12.2 A		1.4	12.4 A	
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.3	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.2	8.4		0.5	8.6		0.1	8.9	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	170.4 A			167.3 C			163.5 C		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	17.3 A			17.0 C			16.5 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.8			10.3			10.0		
Nitration	FTIR	Abs	10.3			9.8			9.4		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	13.3			10.7			11.5		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.077			0.072			0.071		
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46			0.39			0.33		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	13.6 C	9.9		10.5	8.2		8.7	8.6	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	36			35			35		
Magnesium	D-6595	PPM	2240			2064			2026		
Calcium	D-6595	PPM	34			31			30		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1016			950			946		
Zinc	D-6595	PPM	1274	628		1203	688		1218	792	
Additional Test											
Flash Point	Seta Flash	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
24
3012
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-32 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 24875 ถึง 27000 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	C	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67649			67648			67647		
Date sampled			13-Dec-06			12-Dec-06			11-Dec-06		
Hours on Oil			2125 kms			1410 kms			0 kms		
Hours on Unit			346965 kms			346250 kms			344840 kms		
Bottle ID			859819			859279			859277		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	5.3	8.1		3.2	3.7		0.9	1.5	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.3	0.0		0.2	0.5	
Lead	D-6595	PPM	6.5	10.2	C	4.8	9.5	C	1.3	2.4	
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.1		0.1	0.1		0.0	0.1	
Tin	D-6595	PPM	1.8	0.0		0.9	0.0		0.1	1.7	
Aluminum	D-6595	PPM	1.8	8.6	C	1.2	0.4		0.5	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.6	0.0	C	0.6	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	8.7		0.6	7.2		0.6	3.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.2	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	168.8	A		156.9			147.5		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.9			15.5			14.9		
Oxidation	FTIR	Abs	9.8			9.7			8.4		
Nitration	FTIR	Abs	9.1			8.7			7.9		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	11.7			11.5			9.0		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.064			0.064			0.082		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.22			0.07			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			1		
Silicon	D-6595	PPM	10.4	6.7		8.7	4.5		6.0	8.5	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	55			61			51		
Magnesium	D-6595	PPM	1963			2052			2065		
Calcium	D-6595	PPM	26			25			25		
Barium	D-6595	PPM	13			15			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1215			1219			1053		
Zinc	D-6595	PPM	1188	580		1163	803		1267	555	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine	RDE fine	RFS coarse	RFS coarse
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil				
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-33 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 27719 ถึง 28955 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Components of dirt (silicon and/or aluminum) slightly above normal, however, no abrasive wear noted.
Note viscosity is higher than normal limits.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	C	C	N	C	C	N	C	C
FocusLab ID			67854			67853			67852		
Date sampled			14-Dec-06			14-Dec-06			13-Dec-06		
Hours on Oil			4080 kms			3560 kms			2844 kms		
Hours on Unit			348920 kms			348400 kms			347684 kms		
Bottle ID			859825			859823			859821		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	6.0	10.5		5.5	6.4		4.3	7.1	
Chromium	D-6595	PPM	0.2	0.2		0.5	0.3		0.0	0.2	
Lead	D-6595	PPM	8.6 C	11.9 C		8.7 C	6.6		6.0	9.4 C	
Copper	D-6595	PPM	0.3	0.3		0.3	0.2		0.2	0.2	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.0		1.5	1.4		0.0	1.3	
Aluminum	D-6595	PPM	2.0	11.2 A		2.3	4.9		1.4	10.1 A	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.4	0.0		0.1	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.1	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	6.6		0.1	8.2		0.0	7.6	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.2	0.1		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	178.8 A			168.1 C			164.8 C		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	17.9 A			17.5 A			16.5 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.6			10.4			10.1		
Nitration	FTIR	Abs	10.2			9.9			9.5		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.2			9.8			9.4		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.070			0.069			0.067		
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.49			0.44			0.31		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	13.5 C	8.9		11.8	5.3		11.0	6.3	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	42			42			44		
Magnesium	D-6595	PPM	2197			2114			2194		
Calcium	D-6595	PPM	30			29			29		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1030			1008			1017		
Zinc	D-6595	PPM	1196	483		1183	383		1154	577	
Additional Test											
Flash Point	Seta Flash	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
24				
3012				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level
L-Caution : Lower CAUTION Level
L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-34 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 28955 ถึง 31092 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

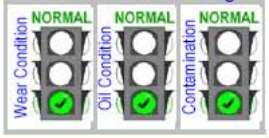
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67874			67873			67872		
Date sampled			16-Dec-06			15-Dec-06			14-Dec-06		
Hours on Oil			2137 kms			1437 kms			0 kms		
Hours on Unit			351057 kms			350357 kms			348920 kms		
Bottle ID			859831			859829			859827		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	4.5	4.3		3.1	3.7		1.3	2.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.3		0.4	0.2		0.4	0.0	
Lead	D-6595	PPM	5.4	4.5		3.7	6.1		0.5	5.5	
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.1		0.1	0.1		0.0	0.1	
Tin	D-6595	PPM	1.9	4.4		0.6	2.5		1.4	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.1	8.6 C		1.6	0.4		0.9	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.1	0.8		0.0	0.0		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.2	0.8		0.4	9.6		0.5	7.7	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.0		0.2	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt	159.9			157.8			150.7		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	15.8			15.6			14.8		
Oxidation	FTIR	Abs	9.5			9.0			8.3		
Nitration	FTIR	Abs	9.2			8.8			7.9		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.4			8.4			9.1		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.066			0.068			0.077		
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.19			0.19			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	1			1			1		
Silicon	D-6595	PPM	10.5	2.9		7.4	2.7		7.9	4.2	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	49			48			74		
Magnesium	D-6595	PPM	2181			2036			1938		
Calcium	D-6595	PPM	30			27			23		
Barium	D-6595	PPM	0			0			13		
Phosphorus	D-6595	PPM	1045			1065			1241		
Zinc	D-6595	PPM	1256	310		1186	631		1224	734	
Additional Test											
Flash Point	Seta Flash	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.6		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
24				
3012				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-35 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 31821 ถึง 33621 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Components of dirt (silicon and/or aluminum) slightly above normal, however, no abrasive wear noted.
Note viscosity is higher than normal limits.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	C	C	N	C	C	N	N	N
FocusLab ID			67994			67993			67992		
Date sampled			18-Dec-06			17-Dec-06			16-Dec-06		
Hours on Oil			4666 kms			4000 kms			2866 kms		
Hours on Unit			353586 kms			352920 kms			351786 kms		
Bottle ID			859837			859835			859833		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	6.7	9.0		5.3	7.7		4.5	5.5	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.4		0.5	0.8		0.6	0.7	
Lead	D-6595	PPM	9.3 C	10.5 C		7.3	10.4 C		6.1	8.9	
Copper	D-6595	PPM	0.4	0.3		0.3	0.3		0.3	0.2	
Tin	D-6595	PPM	1.7	2.8		1.4	4.1		1.8	5.4	
Aluminum	D-6595	PPM	2.5	11.2 A		2.4	11.2 A		2.1	10.5 A	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.1	0.0		0.3	0.3	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.1	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.4	5.4		0.5	10.3		0.5	11.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.2		0.0	0.6	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt	168.4 A			167.2 C			162.3 C		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	16.8 C			16.5 C			16.1		
Oxidation	FTIR	Abs	10.6			10.5			9.9		
Nitration	FTIR	Abs	10.7			10.4			9.7		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.7			9.3			8.4		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.071			0.071			0.068		
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.29			0.23			0.19		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			1		
Silicon	D-6595	PPM	13.2 C	6.1		22.2 A	5.7		10.8	5.1	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	42			42			44		
Magnesium	D-6595	PPM	2075			2032			2053		
Calcium	D-6595	PPM	30			28			31		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1007			971			997		
Zinc	D-6595	PPM	1214	448		1163	456		1228	308	
Additional Test											
Flash Point	Seta Flash	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
24				
3012				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level — L-Caution : Lower CAUTION Level — First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level — L-Action : Lower ACTION required Level — Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied. No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-36 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 33621 ถึง 35460 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

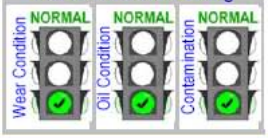
Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67997			67996			67995		
Date sampled			19-Dec-06			19-Dec-06			18-Dec-06		
Hours on Oil			1839 kms			1129 kms			0 kms		
Hours on Unit			355425 kms			354715 kms			353586 kms		
Bottle ID			859843			859841			859839		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	3.7	7.4		3.4	5.7		1.0	0.4	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.6		0.8	0.5		0.2	0.0	
Lead	D-6595	PPM	5.1	6.4		4.8	5.3		0.8	0.9	
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.2		0.1	0.3		0.0	0.0	
Tin	D-6595	PPM	1.2	2.1		1.8	0.2		0.2	1.9	
Aluminum	D-6595	PPM	1.7	9.4 A		1.9	3.1		0.6	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.1	0.2		0.4	0.3		0.0	0.6	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.7	6.5		1.2	4.9		0.3	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt	159.4			156.8			154.2		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	15.6			15.4			15.0		
Oxidation	FTIR	Abs	9.7			9.4			8.3		
Nitration	FTIR	Abs	9.0			8.5			7.9		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.7			8.9			9.0		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.062			0.065			0.076		
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.20			0.20			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.22			0.17			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			1		
Silicon	D-6595	PPM	7.9	4.6		6.6	4.1		6.5	0.3	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	48			52			58		
Magnesium	D-6595	PPM	2168			2197			1985		
Calcium	D-6595	PPM	29			30			24		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1101			1112			1063		
Zinc	D-6595	PPM	1226	658		1179	898		1183	184	
Additional Test											
Flash Point	Seta Flash	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
24				
3012				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 9600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-37 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 36036 ถึง 37329 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine Diesel General PTT D3 SAE 40
			N	N	N	N	N	N	N	N	N	
FocusLab ID			68194			68193			68192			
Date sampled			21-Dec-06			20-Dec-06			20-Dec-06			
Hours on Oil			3708 kms			3083 kms			2415 kms			
Hours on Unit			357294 kms			356669 kms			356001 kms			
Bottle ID			859849			859847			859845			

Wear Condition									New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse					
Iron	D-6595	PPM	4.8	9.4	5.1	3.7	4.0	3.6	1	>24	>38	>33	>53
Chromium	D-6595	PPM	0.4	0.3	0.5	0.4	0.6	0.0	0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
Lead	D-6595	PPM	6.9	10.2 C	6.9	7.5	6.1	5.0	0	>8	>13	>9	>15
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0	>15	>25	>20	>34
Tin	D-6595	PPM	1.6	0.9	3.0	2.5	1.4	0.0	0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
Aluminum	D-6595	PPM	1.7	3.3	1.9	0.0	1.9	0.0	0	>4	>6	>6	>9
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	7.1	0.2	7.3	0.5	0.5	77				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Oil Condition									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	164.5 C		163.0 C		160.3		146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	16.1		15.9		15.9		14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
Oxidation	FTIR	Abs	10.9		10.5		10.1		5.0			>14	>19
Nitration	FTIR	Abs	10.1		9.8		9.3		4.0			>11	>14
TAN	D-974	mg KOH/g.											
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.3		11.4		8.6		9.7	<2	<4.8		
Contamination									New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.068		0.066		0.065		0.073			>0.1	>0.3
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10		0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0						
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.22		0.24		0.22		0.00			>2.1	>5.1
												RDE fine	RFS coarse
Sodium	D-6595	PPM	2		2		2		0				
Silicon	D-6595	PPM	12.4	6.4	11.1	4.1	9.1	3.5	9	>13	>21	>16	>21
Additive Element									New Oil				
Boron	D-6595	PPM	45		48		46		0				
Magnesium	D-6595	PPM	1926		2066		2072		24				
Calcium	D-6595	PPM	29		32		28		3012				
Barium	D-6595	PPM	0		0		0		0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1081		1086		1113		963				
Zinc	D-6595	PPM	1191	483	1207	457	1192	698	1254				
Additional Test									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	Seta Flash	°C											
Viscosity Index	D-2270												
Other													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 9600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-38 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 38015 ถึง 39209 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

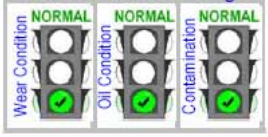
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			68384			68383			68382		
Date sampled			22-Dec-06			21-Dec-06			21-Dec-06		
Hours on Oil			1194 kms			0 kms			4394 kms		
Hours on Unit			359174 kms			357980 kms			357980 kms		
Bottle ID			859783			859853			859851		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	2.7	3.3		1.0	0.1		5.4	4.8	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.1		0.4	0.0		0.9	0.5	
Lead	D-6595	PPM	4.1	7.0		0.8	1.4		9.4 C	10.6 C	
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.1	0.0		0.5	0.2	
Tin	D-6595	PPM	2.4	2.4		1.1	0.0		2.5	2.7	
Aluminum	D-6595	PPM	1.6	4.4		0.9	0.0		2.8	9.1 A	
Nickel	D-6595	PPM	0.8 C	0.0		0.6	0.0		1.2 A	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.1		0.2	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	1.0	8.1		0.3	0.0		1.3	8.8	
Titanium	D-6595	PPM	0.3	0.1		0.2	0.0		0.6	0.1	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	153.4			149.7			167.3 C		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.4			15.0			16.6 C		
Oxidation	FTIR	Abs	9.6			8.4			11.1		
Nitration	FTIR	Abs	8.6			8.0			10.6		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.8			9.3			10.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.071			0.079			0.074		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.11			0.00			0.28		
Sodium	D-6595	PPM	2			1			2		
Silicon	D-6595	PPM	6.3	2.9		6.0	2.7		11.8	7.1	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	52			59			45		
Magnesium	D-6595	PPM	2010			1909			2094		
Calcium	D-6595	PPM	26			23			29		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1095			1090			1079		
Zinc	D-6595	PPM	1200	674		1184	197		1123	585	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-39 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถตู้ทะเบียน อล 9038 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 39841 ถึง 41237 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : OL 9038 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : TOYOTA
Unit Model : 5L DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			68478			68477			68476		
Date sampled			26-Dec-06			24-Dec-06			23-Dec-06		
Hours on Oil			3222 kms			2444 kms			1826 kms		
Hours on Unit			361202 kms			360424 kms			359806 kms		
Bottle ID			859789			859787			859785		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	4.7	3.0		4.5	2.0		4.0	3.5	
Chromium	D-6595	PPM	0.4	0.2		0.3	0.3		0.5	0.0	
Lead	D-6595	PPM	7.8	9.7 C		5.8	1.0		4.9	5.7	
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.1		0.2	0.0		0.1	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.7		1.6	0.2		2.2	1.1	
Aluminum	D-6595	PPM	1.6	5.8		1.5	0.0		1.6	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.0		0.0	0.1	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	10.2		0.0	0.0		0.3	0.3	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt	162.8 C			159.2			157.2		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	16.0			15.7			15.6		
Oxidation	FTIR	Abs	10.9			10.2			9.9		
Nitration	FTIR	Abs	10.1			9.5			9.1		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.8			9.2			8.7		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.073			0.070			0.071		
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.17			0.20			0.18		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	10.5	5.9		12.4	2.7		10.5	4.5	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	43			51			51		
Magnesium	D-6595	PPM	2102			2136			2062		
Calcium	D-6595	PPM	30			30			29		
Barium	D-6595	PPM	2			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1086			1128			1113		
Zinc	D-6595	PPM	1166	464		1253	188		1234	517	
Additional Test											
Flash Point	Seta Flash	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
24				
3012				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 9600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-40 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 2

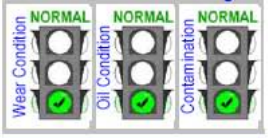
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 803 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
AO (anti-oxidant) additive, as measured by ASTM D-6971, is considered Satisfactory at this time.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample	Previous Sample
			Wear: N, Oil: N, Cont.: N	
FocusLab ID			66874	
Date sampled			20-Nov-06	
Hours on Oil			0 kms	
Hours on Unit			226866 kms	
Bottle ID			848200	
Wear Condition				
Wear Element	Method	Unit	RDE fine / RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	2.5	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	
Lead	D-6595	PPM	1.7	
Copper	D-6595	PPM	0.4	
Tin	D-6595	PPM	2.1	
Aluminum	D-6595	PPM	1.9	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	
Silver	D-6595	PPM	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	4.9	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	
Oil Condition				
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	14.7	
Oxidation	FTIR	Abs	7.8	
Nitration	FTIR	Abs	7.5	
TAN	D-974	mg KOH/g.		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	7.7	
Contamination				
Water	FTIR	% (Wt.)	0.063	
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.00	
Glycol	FTIR	Abs	0	
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.01	
Sodium	D-6595	PPM	2	
Silicon	D-6595	PPM	5.5	
Additive Element				
Boron	D-6595	PPM	54	
Magnesium	D-6595	PPM	1972	
Calcium	D-6595	PPM	279	
Barium	D-6595	PPM	0	
Phosphorus	D-6595	PPM	1089	
Zinc	D-6595	PPM	1207	
Additional Test				
Flash Point	Seta Flash	°C		
Viscosity Index	D-2270			
Other				

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3				
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine	RFS coarse
0		
9	>13	>21

New Oil				
0				
24				
3012				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level — L-Caution : Lower CAUTION Level — First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level — L-Action : Lower ACTION required Level — Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied. — No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-41 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1002 ถึง 2917 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			67524			67346			67138		
Date sampled			06-Dec-06			01-Dec-06			24-Nov-06		
Hours on Oil			2917 kms			1876 kms			1002 kms		
Hours on Unit			229783 kms			228742 kms			227868 kms		
Bottle ID			859255			848213			848214		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	7.6	5.2		8.6	1.5		5.2	4.2	
Chromium	D-6595	PPM	0.9	0.9		0.7	0.0		0.7	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.5	5.3		1.2	2.3		1.0	2.1	
Copper	D-6595	PPM	1.0	0.0		0.9	0.2		0.6	0.2	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.3		0.0	0.0		0.0	3.7	
Aluminum	D-6595	PPM	1.9	3.7		1.7	0.0		1.7	0.3	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.6		0.0	0.0		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	4.3	10.3		4.8	1.8		4.3	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.4		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	145.0			144.0			143.4		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.9			15.1			14.7		
Oxidation	FTIR	Abs	8.5			8.5			8.1		
Nitration	FTIR	Abs	8.1			7.9			7.7		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.1			9.1			9.1		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.089			0.085			0.087		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.13			0.10			0.06		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	3.7	1.7		5.9	1.0		4.0	0.3	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	42			49			44		
Magnesium	D-6595	PPM	1885			1922			1848		
Calcium	D-6595	PPM	309			330			254		
Barium	D-6595	PPM	1			15			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1101			1265			1075		
Zinc	D-6595	PPM	1243	302		1281	231		1292	190	
Additive Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
			>3.1	>3.7
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-42 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 2917 ถึง 5375 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine Diesel General PTT D3 SAE 40
			N	N	N	N	N	N	N	N	N	
FocusLab ID			68661			68191			67525			
Date sampled			02-Jan-07			18-Dec-06			06-Dec-06			
Hours on Oil			2458 kms			909 kms			0 kms			
Hours on Unit			232241 kms			230693 kms			229783 kms			
Bottle ID			859791			859281			859256			

Wear Condition									New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse					
Iron	D-6595	PPM	6.9	9.5	3.6	4.4	1.5	3.3	1	>24	>38	>33	>53
Chromium	D-6595	PPM	1.0 C	0.4	0.8	0.7	0.2	1.0	0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
Lead	D-6595	PPM	0.5	1.7	0.9	2.4	0.7	5.9	0	>8	>13	>9	>15
Copper	D-6595	PPM	0.7	1.7	0.4	0.4	0.1	0.0	0	>15	>25	>20	>34
Tin	D-6595	PPM	0.0	2.9	1.1	1.3	0.0	3.5	0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
Aluminum	D-6595	PPM	0.9	2.6	1.2	0.0	0.5	6.1 C	0	>4	>6	>6	>9
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.4	9.6	0.9	3.4	0.8	11.1	77				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.7	0				

Oil Condition									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	151.3		150.4		148.2		146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.3		14.7		14.9		14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
Oxidation	FTIR	Abs	8.4		8.5		7.6		5.0			>14	>19
Nitration	FTIR	Abs	8.2		8.0		7.6		4.0			>11	>14
TAN	D-974	mg KOH/g.											
TBN	D-4739	mg KOH/g.	12.5		9.3		9.2		9.7	<2	<4.8		

Contamination									New Oil	U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.068		0.077		0.095		0.073	>0.1	>0.3
Fuel	FTIR	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10		0.00	>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0				
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.07		0.00		0.00		0.00	>2.1	>5.1
										RDE fine	RFS coarse
Sodium	D-6595	PPM	1		1		2		0		
Silicon	D-6595	PPM	3.4	5.2	3.8	1.2	5.9	6.8	9	>13	>21	>16	>21
Additive Element									New Oil		
Boron	D-6595	PPM	45		56		60		0		
Magnesium	D-6595	PPM	1949		2127		2047		24		
Calcium	D-6595	PPM	51		60		53		3012		
Barium	D-6595	PPM	0		0		0		0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1091		1121		1052		963		
Zinc	D-6595	PPM	1193	206	1246	682	1236	340	1254		

Additional Test									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	Seta Flash	°C											
Viscosity Index	D-2270												
Other													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 9600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-43 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 6164 ถึง 6864 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Oil	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			69361			69360			69202		
Date sampled			18-Jan-07			18-Jan-07			15-Jan-07		
Hours on Oil			0 kms			3947 kms			3247 kms		
Hours on Unit			233730 kms			233730 kms			233030 kms		
Bottle ID			859794			859793			859792		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	1.2	2.7		10.4	17.3		6.3	2.9	
Chromium	D-6595	PPM	0.2	0.0		1.3	1.4		0.9	0.2	
Lead	D-6595	PPM	0.0	0.0		1.0	3.3		0.7	1.4	
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.2		1.1	1.0		0.8	0.3	
Tin	D-6595	PPM	0.4	0.9		1.1	0.1		0.0	0.1	
Aluminum	D-6595	PPM	0.5	0.0		2.0	4.1		1.3	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.4	0.0		0.0	0.3	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.2	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.5	8.2		0.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.1	0.3		0.1	0.0		0.0	0.4	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	147.1			145.5			152.3		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.0			15.5			15.2		
Oxidation	FTIR	Abs	5.3			6.3			6.6		
Nitration	FTIR	Abs	7.3			8.1			7.6		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.1			8.8			11.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.113 C			0.086			0.061		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.80		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.00			0.30			0.12		
Sodium	D-6595	PPM	1			2			1		
Silicon	D-6595	PPM	5.7	10.4		3.8	3.6		3.1	2.6	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	52			41			37		
Magnesium	D-6595	PPM	1950			2077			2076		
Calcium	D-6595	PPM	22			51			48		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	954			955			959		
Zinc	D-6595	PPM	1216	196		1219	772		1251	199	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
24
3012
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-44 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 7815 ถึง 10006 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914
Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			71200			70647			69992		
Date sampled			26-Feb-07			13-Feb-07			29-Jan-07		
Hours on Oil			3142 kms			2154 kms			951 kms		
Hours on Unit			236872 kms			235884 kms			234681 kms		
Bottle ID			859797			859796			859795		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	5.6	7.0		4.5	4.4		3.2	6.0	
Chromium	D-6595	PPM	1.1 C	1.9 C		1.0	1.3		0.6	0.8	
Lead	D-6595	PPM	1.5	5.2		1.1	3.1		0.3	2.0	
Copper	D-6595	PPM	0.7	1.0		0.4	0.4		0.3	0.5	
Tin	D-6595	PPM	0.0	5.9		0.1	0.0		0.8	1.5	
Aluminum	D-6595	PPM	1.1	8.4 C		1.2	0.0		0.7	2.3	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	2.2		0.0	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.0		0.0	0.1	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.6	4.3		0.3	8.2		0.2	6.2	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.8		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt	152.2			151.2			148.9		
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	15.1			15.1			15.1		
Oxidation	FTIR	Abs	6.5			6.5			6.2		
Nitration	FTIR	Abs	8.7			7.7			7.1		
TAN	D-974	mg KOH/g.									
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.2			9.6			9.0		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.167 C			0.076			0.065		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.04			0.08			0.01		
Sodium	D-6595	PPM	2			1			2		
Silicon	D-6595	PPM	3.7	3.6		3.9	0.0		3.4	3.4	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	45			49			49		
Magnesium	D-6595	PPM	2119			1935			2075		
Calcium	D-6595	PPM	28			27			28		
Barium	D-6595	PPM	3			2			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1053			1074			1047		
Zinc	D-6595	PPM	1199	45		1180	479		1255	960	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.8	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level — L-Caution : Lower CAUTION Level — First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level — L-Action : Lower ACTION required Level — Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied. No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-45 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 10954 ถึง 11810 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine Nat Gas
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Oil	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			72484			72483			71552		
Date sampled			22-Mar-07			22-Mar-07			06-Mar-07		
Hours on Oil			0 kms			4946 kms			4090 kms		
Hours on Unit			238676 kms			238676 kms			237820 kms		
Bottle ID			859800			859799			859798		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	1.4	0.0		7.2	1.5		7.7	3.7	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.0		1.4 C	0.0		1.1 C	0.1	
Lead	D-6595	PPM	1.4	0.0		1.1	0.0		1.7	0.0	
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.0		1.0	0.7		0.9	0.6	
Tin	D-6595	PPM	0.9	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	0.9	0.0		1.4	0.0		1.3	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.0	0.0		0.2	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	150.0			153.2			150.6		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.0			15.3			15.1		
Oxidation	FTIR	Abs	5.6			5.8			6.4		
Nitration	FTIR	Abs	6.3			7.2			7.8		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.2			8.7			11.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.066			0.061			0.063		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.00			0.09			0.15		
Sodium	D-6595	PPM	1			2			1		
Silicon	D-6595	PPM	5.5	1.2		3.1	0.0		4.2	2.7	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	56			40			45		
Magnesium	D-6595	PPM	2062			2150			2183		
Calcium	D-6595	PPM	22			31			31		
Barium	D-6595	PPM	0			0			7		
Phosphorus	D-6595	PPM	1001			977			1118		
Zinc	D-6595	PPM	1219	122		1247	131		1257	138	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.073	>0.1	>0.3
0.00	>3	>5
0.00	>2.1	>5.1

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil
0
3012
24
0
963
1254

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-46 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 13031 ถึง 15292 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			74722			73969			73295		
Date sampled			09-May-07			23-Apr-07			09-Apr-07		
Hours on Oil			3482 kms			2674 kms			1221 kms		
Hours on Unit			242158 kms			241350 kms			239897 kms		
Bottle ID			859803			859802			859801		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	6.3	4.0		5.1	5.7		3.1	4.1	
Chromium	D-6595	PPM	1.0	0.3		0.9	2.2	C	0.8	2.2	C
Lead	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.9	5.0		1.0	12.1	C
Copper	D-6595	PPM	0.8	0.5		0.5	0.6		0.4	0.4	
Tin	D-6595	PPM	0.8	0.0		0.1	7.1	C	0.2	9.0	C
Aluminum	D-6595	PPM	1.0	0.0		0.7	6.0	C	0.9	9.1	A
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.9	C 2.5		0.4	1.8	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		1.2	5.9		0.6	10.5	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.2		0.5	0.9		0.1	0.5	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	152.2			152.7			150.9		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.1			15.2			15.0		
Oxidation	FTIR	Abs	4.2			4.2			5.1		
Nitration	FTIR	Abs	6.4			6.3			6.5		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.9			8.7			8.1		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.065			0.062			0.062		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.30			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.49			0.69			0.01		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	3.2	1.7		3.5	2.7		4.0	2.9	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	42			51			49		
Magnesium	D-6595	PPM	2164			2406			2042		
Calcium	D-6595	PPM	31			24			29		
Barium	D-6595	PPM	0			0			2		
Phosphorus	D-6595	PPM	1016			1066			1064		
Zinc	D-6595	PPM	1219	112		1357	180		1154	185	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil				
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-47 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 16020 ถึง 16811 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

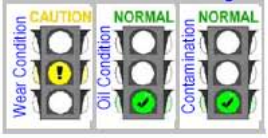
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal wear metals.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			76019			75639			74722		
Date sampled			01-Jun-07			24-May-07			09-May-07		
Hours on Oil			5001 kms			4210 kms			3482 kms		
Hours on Unit			243677 kms			242886 kms			242158 kms		
Bottle ID			859805			859804			859803		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	10.8	25.2		7.4	5.1		6.3	4.0	
Chromium	D-6595	PPM	2.0 A	1.7 C		1.5 C	0.0		1.0	0.3	
Lead	D-6595	PPM	2.9	3.7		1.9	0.0		0.1	0.0	
Copper	D-6595	PPM	1.3	2.3		1.1	0.7		0.8	0.5	
Tin	D-6595	PPM	1.2	1.5		1.2	0.0		0.8	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.1	10.1 A		1.5	0.0		1.0	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.6 C	0.3		0.3	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	1.2	0.0		0.3	0.0		0.0	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.2	0.5		0.1	0.0		0.0	0.2	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	152.7			150.7			152.2		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.3			15.4			15.1		
Oxidation	FTIR	Abs	4.6			4.3			4.2		
Nitration	FTIR	Abs	7.0			6.6			6.4		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.4			8.9			8.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.068			0.065			0.065		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.30		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.55			0.52			0.49		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			2		
Silicon	D-6595	PPM	4.6	5.8		3.4	0.2		3.2	1.7	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	43			42			42		
Magnesium	D-6595	PPM	2308			2153			2164		
Calcium	D-6595	PPM	34			31			31		
Barium	D-6595	PPM	3			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1157			1057			1016		
Zinc	D-6595	PPM	1298	269		1230	187		1219	112	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.8		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0				
9	>13	>21	>16	>21

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-48 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถกระบะ ลน 4335 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17785 ถึง 20235 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 904 914

Lube System Capacity : 6 Liters

Unit ID Number : LN 4335 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : NISSAN
Unit Model : TD 27 DDF NGV
Oil type / Viscosity : PTT D3 PLUS SAE 40 API CF
Site Name : NGV DDF PROJECT
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
CAUTION	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note abnormal wear metals.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			77177			76882			76355		
Date sampled			25-Jun-07			18-Jun-07			11-Jun-07		
Hours on Oil			3424 kms			1966 kms			974 kms		
Hours on Unit			247101 kms			245643 kms			244651 kms		
Bottle ID			866240			866230			866211		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	6.5	21.4		4.1	4.6		3.2	6.3	
Chromium	D-6595	PPM	0.9	3.5	A	0.5	0.4		0.5	0.8	
Lead	D-6595	PPM	1.1	7.5		0.6	3.7		0.5	4.3	
Copper	D-6595	PPM	0.6	1.6		0.4	0.3		0.3	0.5	
Tin	D-6595	PPM	1.0	3.2		0.0	0.4		0.0	1.5	
Aluminum	D-6595	PPM	1.1	11.2	A	0.5	0.0		0.7	0.6	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.8		0.4	0.2		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.3	11.5		0.5	0.0		0.2	1.3	
Titanium	D-6595	PPM	0.1	0.4		0.1	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	154.2			152.0			146.5		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	15.2			15.2			15.1		
Oxidation	FTIR	Abs	4.4			3.9			3.9		
Nitration	FTIR	Abs	6.6			6.2			5.8		
TAN	D-974	mg KOH/g									
TBN	D-4739	mg KOH/g	8.7			9.7			9.7		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.058			0.060			0.054		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.20		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.59			0.50			0.45		
Sodium	D-6595	PPM	2			2			1		
Silicon	D-6595	PPM	3.6	2.9		3.6	1.6		4.2	4.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	45			52			51		
Magnesium	D-6595	PPM	2119			2090			2096		
Calcium	D-6595	PPM	26			23			23		
Barium	D-6595	PPM	0			2			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1088			1165			1041		
Zinc	D-6595	PPM	1256	852		1272	180		1269	224	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel General PTT D3 SAE 40

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
1	>24	>38	>33	>53
0	>1	>1.7	>1.6	>2.4
0	>8	>13	>9	>15
0	>15	>25	>20	>34
0	>3.2	>5.8	>6.6	>11.7
0	>4	>6	>6	>9
0	>0.6	>1.1	>2.6	>4.1
0				
77				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
146.3	<124.35	<131.67	>160.93	>168.24
14.9	<12.7	<13.44	>16.4	>17.18
5.0			>14	>19
4.0			>11	>14
9.7	<2	<4.6		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.073			>0.1	>0.3
0.00			>3	>5
0.00			>2.1	>5.1

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0				
9	>13	>21	>16	>21
0				
3012				
24				
0				
963				
1254				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-49 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 ถึง 950 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 3

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907

Lube System Capacity : 24 Liters

Unit ID Number : 70 0910 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : EP 100 T
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	C	N	C
FocusLab ID			72007			71923			71650		
Date sampled			14-Mar-07			12-Mar-07			08-Mar-07		
Hours on Oil			950 kms			0 kms			13000 kms		
Hours on Unit			509815 kms			508865 kms			506975 kms		
Bottle ID			859814			859817			859818		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	5.2	1.1		5.0	2.5		60.3	28.9	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.6		0.3	0.0		9.5	3.6	
Lead	D-6595	PPM	1.2	0.0		0.6	0.0		18.7 C	0.0	
Copper	D-6595	PPM	1.5	0.1		0.7	0.0		28.4 A	3.2 C	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.3		0.0	1.6		4.4 A	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	1.5	0.7		2.0	4.4		7.3	8.6	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.9		0.3	0.0		1.2 C	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	2.8	0.0		2.1	0.0		68.9	4.2	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.2		0.0	0.0		0.0	0.1	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.2			14.4			13.1		
Oxidation	FTIR	Abs	12.1			12.2			12.8		
Nitration	FTIR	Abs	6.4			6.3			8.1		
TAN	D-974	mg KOH/g	2.30			2.42			2.81		
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.8			10.2			5.6		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.052			0.070			0.084		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			1.00			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.00			0.00			0.21		
Sodium	D-6595	PPM	9			9			43		
Silicon	D-6595	PPM	6.7	2.4		6.5	8.0		49.3 A	23.4 C	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	11			16			29		
Magnesium	D-6595	PPM	11			17			16		
Calcium	D-6595	PPM	3663			3418			2644		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1016			1128			967		
Zinc	D-6595	PPM	1284	169		1369	139		1227	133	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine Diesel Hino Oil Type
Not on File

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
New Oil	>65	>105	>45	>80
	>10	>15	>7	>13
	>10	>20	>7	>13
	>7	>12	>2	>4
	>1	>2	>12	>22
	>12	>18	>13	>25
	>1	>2	>1	>2

	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
New Oil				
	<2	<4		

			U-Caution	U-Action
New Oil				
			>0.15	>0.46
			>3	>5
			>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
New Oil				
	>20	>30	>15	>25

	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
New Oil				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level
L-Caution : Lower CAUTION Level
L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-50 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1886 ถึง 4082 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 3

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907

Lube System Capacity : 24 Liters

Unit ID Number : 70 0910 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : EP 100 T
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			72313			72209			72023		
Date sampled			21-Mar-07			18-Mar-07			16-Mar-07		
Hours on Oil			4082 kms			3139 kms			1886 kms		
Hours on Unit			512947 kms			512004 kms			510751 kms		
Bottle ID			859811			859812			859813		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	8.1	0.0		7.6	0.0		6.0	0.5	
Chromium	D-6595	PPM	1.7	0.0		1.3	0.0		1.0	0.9	
Lead	D-6595	PPM	2.3	0.0		1.9	0.0		1.6	3.1	
Copper	D-6595	PPM	2.0	0.0		1.8	0.4		1.7	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	2.2		0.0	5.4	
Aluminum	D-6595	PPM	2.7	0.0		2.3	0.0		1.9	3.5	
Nickel	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.3	0.0		0.6	0.3	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.3	
Molybdenum	D-6595	PPM	3.3	0.0		3.0	0.0		2.9	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.9	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.8			14.0			13.8		
Oxidation	FTIR	Abs	12.2			12.4			12.2		
Nitration	FTIR	Abs	7.0			6.9			6.7		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.05			2.63			2.65		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.5			11.1			10.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.047			0.050			0.055		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.01			0.01			0.00		
Sodium	D-6595	PPM	7			7			9		
Silicon	D-6595	PPM	13.0	2.2		11.1	0.0		7.6	2.6	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	12			13			11		
Magnesium	D-6595	PPM	12			13			11		
Calcium	D-6595	PPM	3580			3588			3640		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1045			1178			999		
Zinc	D-6595	PPM	1335	123		1359	442		1329	63	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

	New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Wear Condition					
Iron	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	0	>10	>15	>7	>13
Lead	0	>10	>20	>7	>13
Copper	0	>7	>12	>2	>4
Tin	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	0	>1	>2	>1	>2
Silver	0				
Molybdenum	0				
Titanium	0				

	New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Oil Condition					
Viscosity @ 40 °C	14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Viscosity @ 100 °C	12.1			>15.1	>18.2
Oxidation	6.1			>7.6	>9.2
Nitration	2.47			>3.1	>3.7
TAN	14.0	<2	<4		
TBN					

	New Oil	U-Caution	U-Action
Contamination			
Water	0.053	>0.15	>0.46
Fuel	0.00	>3	>5
Glycol			
Soot	0.00	>1.4	>2.2

	New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Sodium	11				
Silicon	0	>20	>30	>15	>25

	New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Additive Element					
Boron	14				
Magnesium	17				
Calcium	3637				
Barium	0				
Phosphorus	1132				
Zinc	1311				
Additional Test					
Flash Point					
Viscosity Index					
Other					

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-51 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 5028 ถึง 6901 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

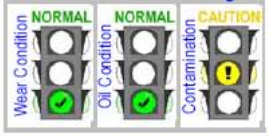
ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 24 Liters

Unit ID Number : 70 0910 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : EP 100 T
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note that AO (anti-oxidant) additive depletion is Cautionary (below 25% remaining) for SAE applications, which are different than ASTM Turbine Oil applications.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)
			N	N	C	N	N	C	N	N	C	
FocusLab ID			72795			72622			72621			
Date sampled			28-Mar-07			25-Mar-07			23-Mar-07			
Hours on Oil			6901 kms			5966 kms			5028 kms			
Hours on Unit			515766 kms			514831 kms			513893 kms			
Bottle ID			859808			859809			859810			

Wear Condition									New Oil	RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse		U-Caution	U-Action	U-Caution	U-Action
Iron	D-6595	PPM	10.0	1.6	10.3	2.4	9.9	0.0	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	1.8	0.0	2.1	0.4	2.0	0.0	0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	2.2	0.0	2.0	0.0	2.8	0.0	0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	2.2	0.0	2.3	0.8	2.2	0.0	0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	2.7	0.0	3.1	0.0	4.4	0.0	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	0.5	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	3.3	0.0	3.0	0.0	3.4	0.0	0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition						New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt								
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.6	13.4 C	13.7	14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	12.2	12.2	12.2	12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	7.2	7.1	6.9	6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g	3.06	3.02	2.59	2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.1	10.5	10.0	14.0	<2	<4		

Contamination							New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.043	0.043	0.046		0.053			>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10	0.10	0.10		0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0	0	0						
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.00	0.00	0.00		0.00			>1.4	>2.2
								RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	7	8	7		11				
Silicon	D-6595	PPM	11.5	4.2	14.4	2.3	13.4	0.0	0	>20	>30	>15	>25

Additive Element						New Oil
Boron	D-6595	PPM	11	13	13	14
Magnesium	D-6595	PPM	11	13	14	17
Calcium	D-6595	PPM	3425	3632	3588	3637
Barium	D-6595	PPM	0	0	0	0
Phosphorus	D-6595	PPM	975	1022	1125	1132
Zinc	D-6595	PPM	1279	165	1369	529	1403	104	1311

Additional Test						New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C								
Viscosity Index	D-2270									
Other										

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-52 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 7822 ถึง 10041 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified.

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 24 Liters

Unit ID Number : 70 0910 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : EP 100 T
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range				
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)				
			N	N	N	N	C	N	N	C	N					
FocusLab ID			73296			73079			72803							
Date sampled			05-Apr-07			03-Apr-07			30-Mar-07							
Hours on Oil			10041 kms			9087 kms			7822 kms							
Hours on Unit			518906 kms			517952 kms			516687 kms							
Bottle ID			862016			862015			859807							
Wear Condition												New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse						
Iron	D-6595	PPM	16.6	1.9		17.0	0.0		13.3	1.8		0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	2.3	1.8		2.3	1.1		2.4	0.1		0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	2.3	9.9 C		2.4	0.5		3.0	0.0		0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	2.9	0.1		2.9	0.2		2.6	0.1		0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0	6.5		0.0	3.3		0.0	0.0		0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	3.2	3.9		3.1	0.0		3.2	0.0		0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	0.6	1.5 C		0.8	0.0		0.8	0.0		0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0		0				
Molybdenum	D-6595	PPM	3.3	4.0		3.8	0.0		3.6	0.0		0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.0		0.0	0.0		0				
Oil Condition												New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt	93.2													
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.5 C			13.5 C			13.6 C			14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	11.4			11.7			12.5			12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	7.6 C			7.2			7.5			6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g	2.98			3.19 C			3.38 C			2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.3			10.8			10.3			14.0	<2	<4		
Contamination												New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.043			0.046			0.043			0.053			>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.20			0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0							
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.07			0.00			0.00			0.00			>1.4	>2.2
Sodium	D-6595	PPM	7			7			7			11				
Silicon	D-6595	PPM	14.2	2.4		14.1	0.0		14.0	1.2		0	>20	>30	>15	>25
Additive Element												New Oil				
Boron	D-6595	PPM	11			13			12			14				
Magnesium	D-6595	PPM	14			14			14			17				
Calcium	D-6595	PPM	3703			3822			3652			3637				
Barium	D-6595	PPM	0			0			0			0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1160			1248			1097			1132				
Zinc	D-6595	PPM	1328	167		1362	226		1330	143		1311				
Additive Test												New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C														
Viscosity Index	D-2270															
Other																

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-53 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 11004 ถึง 12844 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

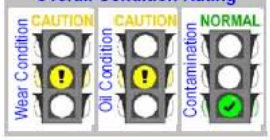
ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 24 Liters

Unit ID Number : 70 0910 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : EP 100 T
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History			Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range				
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)				
			C	C	N	C	C	N	N	A	N					
FocusLab ID	Test Method	Result	73968			73967			73392							
Date sampled			23-Apr-07			21-Apr-07			09-Apr-07							
Hours on Oil			12844 kms			11951 kms			11004 kms							
Hours on Unit			521709 kms			520816 kms			519869 kms							
Bottle ID			862019			862018			862017							
Wear Condition																
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Iron	D-6595	PPM	30.0	7.1		27.7	5.1		20.3	2.8		0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	3.5	2.4		3.0	1.9		2.5	1.7		0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	3.1	5.1		1.7	5.0		2.8	0.0		0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	3.0	0.3		2.9	0.2		3.1	0.3		0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0	7.1		0.0	7.9		0.0	6.4		0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	3.6	5.5		2.9	5.3		3.4	1.4		0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	1.3 C	2.5 A		1.0	1.9 C		0.4	0.7		0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.1		0.0	0.0		0.0	0.1		0				
Molybdenum	D-6595	PPM	4.7	4.0		3.8	4.3		3.6	0.0		0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	1.2		0.0	1.0		0.0	1.0		0				
Oil Condition												New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt														
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.4 C			13.2 C			13.3 C			14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	11.1			10.9			12.3			12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	7.8 C			7.6 C			8.1 C			6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.86			3.49 C			3.55 C			2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.8			10.0			10.0			14.0	<2	<4		
Contamination												New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.048			0.045			0.047			0.053			>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10			0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0							
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.49			0.49			0.11			0.00			>1.4	>2.2
													RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	7			7			6			11				
Silicon	D-6595	PPM	15.0	3.2		16.6	2.3		15.3	5.5		0	>20	>30	>15	>25
Additive Element												New Oil				
Boron	D-6595	PPM	13			12			13			14				
Magnesium	D-6595	PPM	17			16			15			17				
Calcium	D-6595	PPM	4236			4296			3743			3637				
Barium	D-6595	PPM	0			0			0			0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1219			1145			1199			1132				
Zinc	D-6595	PPM	1486	166		1451	133		1418	155		1311				
Additive Test												New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C														
Viscosity Index	D-2270															
Other																

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-54 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 13950 ถึง 16484 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 24 Liters

Unit ID Number : 70 0910 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : EP 100 T
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Oil condition tests indicate that the oil is slightly degraded.
Note that Ruler correlates much better with TAN than it correlates with TBN, indicating the lack of sensitivity of TBN testing.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	C	N	N	C	N	N	C	N
FocusLab ID			74453			74387			74263		
Date sampled			06-May-07			03-May-07			29-Apr-07		
Hours on Oil			16484 kms			14910 kms			13950 kms		
Hours on Unit			525349 kms			523775 kms			522815 kms		
Bottle ID			862022			862021			862020		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	34.2	7.3		36.2	13.3		29.8	5.8	
Chromium	D-6595	PPM	4.8	2.4		4.5	1.7		3.8	0.0	
Lead	D-6595	PPM	2.4	0.0		3.2	0.0		2.4	0.0	
Copper	D-6595	PPM	5.7	0.8		4.7	0.9		3.8	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	5.8		0.0	0.7		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	3.7	0.0		5.0	0.0		3.4	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.8	0.0		0.8	0.0		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	3.5	0.0		3.6	0.0		2.8	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.1 C			13.0 C			13.9		
Oxidation	FTIR	Abs	11.2			11.1			11.2		
Nitration	FTIR	Abs	7.8 C			7.9 C			7.9 C		
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.25 C			2.53			2.75		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	11.1			9.6			10.0		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.048			0.050			0.052		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.20			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.53			0.52			0.51		
Sodium	D-6595	PPM	7			7			7		
Silicon	D-6595	PPM	14.2	3.3		17.1	2.2		14.5	1.2	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	10			11			10		
Magnesium	D-6595	PPM	14			15			13		
Calcium	D-6595	PPM	3718			3682			3534		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1181			1114			1059		
Zinc	D-6595	PPM	1281	312		1315	370		1356	76	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-55 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17742 ถึง 20257 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 24 Liters

Unit ID Number : 70 0910 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : EP 100 T
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
Oil condition tests indicate that the oil is near the end of it's useful service life.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	C	N	N	C	C	N	C	C
FocusLab ID			75088			74926			74925		
Date sampled			15-May-07			13-May-07			10-May-07		
Hours on Oil			20257 kms			19012 kms			17742 kms		
Hours on Unit			529122 kms			527877 kms			526607 kms		
Bottle ID			865170			865166			865160		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	37.5	3.2		39.7	3.7		36.1	5.9	
Chromium	D-6595	PPM	4.9	0.0		5.6	0.1		4.9	0.4	
Lead	D-6595	PPM	2.8	0.0		3.6	0.0		2.8	0.0	
Copper	D-6595	PPM	9.9 C	0.5		8.9 C	0.4		6.9	0.3	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	3.5	0.0		4.3	0.0		4.0	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	1.0	0.0		1.2 C	0.0		1.0 C	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	3.5	0.0		3.7	0.0		3.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.9 A			12.9 C			12.7 A		
Oxidation	FTIR	Abs	12.0			11.8			11.7		
Nitration	FTIR	Abs	8.5 C			8.3 C			8.3 C		
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.38 C			4.02 A			3.39 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.3			9.5			9.6		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.049			0.052			0.050		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20			0.30			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.57			0.56			0.56		
Sodium	D-6595	PPM	6			7			7		
Silicon	D-6595	PPM	15.0	2.1		16.7	3.8		15.5	6.9	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	8			9			9		
Magnesium	D-6595	PPM	13			14			14		
Calcium	D-6595	PPM	3530			3836			3655		
Barium	D-6595	PPM	2			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1242			1201			1191		
Zinc	D-6595	PPM	1293	103		1429	108		1308	123	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-56 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-0910 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 21523 ถึง 24030 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 4

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 24 Liters

Unit ID Number : 70 0910 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : EP 100 T
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating: Wear Condition CAUTION, Oil Condition CAUTION, Contamination CAUTION

Recommendations and Notes

Dirt (silicon) is present and resulting in abrasive wear.
Note TAN is above Alarm Limits.
Oil condition tests indicate that the oil is slightly degraded.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	C	C	C	C	C	C	C	N
FocusLab ID			76808			76807			75349		
Date sampled			17-Jun-07			15-Jun-07			19-May-07		
Hours on Oil			24030 kms			23094 kms			21523 kms		
Hours on Unit			532895 kms			531959 kms			530388 kms		
Bottle ID			866225			866222			865176		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	46.6	10.5		44.7	7.5		39.5	16.0	
Chromium	D-6595	PPM	8.3	1.9		7.8	1.4		6.5	3.1	
Lead	D-6595	PPM	4.0	0.0		3.6	3.2		3.7	0.0	
Copper	D-6595	PPM	22.8 A	2.0		20.3 A	1.2		14.0 A	3.2 C	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.9		0.0	3.5		0.4	6.8	
Aluminum	D-6595	PPM	4.6	1.7		4.4	1.5		4.5	0.4	
Nickel	D-6595	PPM	1.0 C	0.0		0.9	0.0		1.0 C	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	3.7	0.0		3.7	0.0		3.6	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.2		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.8 A			12.6 A			13.1 C		
Oxidation	FTIR	Abs	12.3			12.2			11.9		
Nitration	FTIR	Abs	8.6 C			8.6 C			8.4 C		
TAN	D-974	mg KOH/g	3.48 C			3.42 C			3.88 A		
TBN	D-4739	mg KOH/g	9.0			9.2			9.2		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.050			0.048			0.053		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.61			0.61			0.58		
Sodium	D-6595	PPM	7			8			7		
Silicon	D-6595	PPM	19.3 C	8.8		20.8 C	10.4		16.0	5.1	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	8			8			9		
Magnesium	D-6595	PPM	15			14			13		
Calcium	D-6595	PPM	3425			3408			3802		
Barium	D-6595	PPM	0			2			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1187			1194			1110		
Zinc	D-6595	PPM	1310	217		1289	143		1420	397	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-57 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 3

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3427 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample	Previous Sample
			Wear: N, Oil: N, Cont.: N	
FocusLab ID			75209	
Date sampled			18-May-07	
Hours on Oil			0 kms	
Hours on Unit			359160 kms	
Bottle ID			865175	
Wear Condition				
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse
Iron	D-6595	PPM	3.7	3.4
Chromium	D-6595	PPM	0.3	0.0
Lead	D-6595	PPM	0.6	0.0
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.2
Tin	D-6595	PPM	0.0	7.7
Aluminum	D-6595	PPM	1.6	0.0
Nickel	D-6595	PPM	0.8	0.0
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0
Molybdenum	D-6595	PPM	0.2	0.0
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0
Oil Condition				
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.4	
Oxidation	FTIR	Abs	9.8	
Nitration	FTIR	Abs	5.0	
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.38	
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.1	
Contamination				
Water	FTIR	% (Wt.)	0.046	
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20	
Glycol	FTIR	Abs	0	
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.42	
Sodium	D-6595	PPM	17	
Silicon	D-6595	PPM	6.4	6.9
Additive Element				
Boron	D-6595	PPM	15	
Magnesium	D-6595	PPM	20	
Calcium	D-6595	PPM	3729	
Barium	D-6595	PPM	4	
Phosphorus	D-6595	PPM	1354	
Zinc	D-6595	PPM	1328	539
Additional Test				
Flash Point	D-3828	°C		
Viscosity Index	D-2270			
Other				

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

	RDE fine		RFS coarse	
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-58 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1290 ถึง 3363 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3427 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

WC / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range				
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)				
			N	N	N	N	N	N	N	N	N					
FocusLab ID			75727			75636			75530							
Date sampled			27-May-07			25-May-07			21-May-07							
Hours on Oil			3363 kms			2348 kms			1290 kms							
Hours on Unit			362523 kms			361508 kms			360450 kms							
Bottle ID			865188			865184			865181							
Wear Condition												New Oil	RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**		**RFS coarse**	**RDE fine**		**RFS coarse**	**RDE fine**		**RFS coarse**		U-Caution	U-Action	U-Caution	U-Action
Iron	D-6595	PPM	4.3		0.0	4.8		1.1	3.5		3.3	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	0.4		0.0	0.5		0.0	0.3		1.6	0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	0.5		0.0	1.4		0.0	0.5		4.5	0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	0.6		0.0	0.5		0.0	0.3		0.3	0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		6.8	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	2.2		0.0	2.5		0.0	2.1		0.0	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	0.2		0.0	0.4		0.0	0.3		1.8 C	0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.1		0.0	0.0		0.1	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.6		0.0	0.1		1.1	0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		1.0	0				
Oil Condition												New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt														
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.5 C			13.8			13.9			14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	9.6			9.5			9.7			12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	6.1			5.7			5.5			6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.78			2.25			2.29			2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.2			10.0			11.1			14.0	<2	<4		
Contamination												New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.045			0.047			0.042			0.053			>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10			0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0							
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46			0.44			0.43			0.00			>1.4	>2.2
													RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	41			35			33			11				
Silicon	D-6595	PPM	4.1		0.0	3.1		0.0	2.6		8.5	0	>20	>30	>15	>25
Additive Element												New Oil				
Boron	D-6595	PPM	13			14			14			14				
Magnesium	D-6595	PPM	16			17			15			17				
Calcium	D-6595	PPM	3875			3874			3877			3637				
Barium	D-6595	PPM	0			0			0			0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1202			1243			1195			1132				
Zinc	D-6595	PPM	1428		178	1461		438	1448		253	1311				
Additional Test												New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C														
Viscosity Index	D-2270															
Other																

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-59 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 4649 ถึง 7415 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3427 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	C	N
FocusLab ID			76483			76315			75905		
Date sampled			12-Jun-07			07-Jun-07			30-May-07		
Hours on Oil			7415 kms			6046 kms			4649 kms		
Hours on Unit			366575 kms			365206 kms			363809 kms		
Bottle ID			866212			866206			866199		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	5.2	0.0		6.1	2.4		5.1	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.3		0.4	0.7		0.7	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.9	0.0		0.6	0.3		1.6	0.0	
Copper	D-6595	PPM	1.0	0.2		0.9	0.1		0.7	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	2.2		0.0	3.6		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.4	0.0		2.9	0.2		2.8	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.2	0.7		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.0	0.0		0.9	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.2		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.9 A			12.9 C			13.2 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.3			10.3			9.7		
Nitration	FTIR	Abs	6.9			6.7			6.3		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.54			0.71			3.11 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.6			10.4			10.3		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.046			0.047			0.044		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.48			0.47			0.47		
Sodium	D-6595	PPM	39			41			37		
Silicon	D-6595	PPM	2.8	0.0		3.6	2.0		3.7	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	11			13			13		
Magnesium	D-6595	PPM	15			18			16		
Calcium	D-6595	PPM	3468			4174			3605		
Barium	D-6595	PPM	0			0			1		
Phosphorus	D-6595	PPM	1151			1159			1275		
Zinc	D-6595	PPM	1286	262		1622	239		1410	333	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine		RFS coarse	
	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8667
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-60 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 8866 ถึง 11192 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

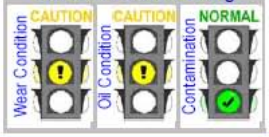
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3427 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note TAN is above Alarm Limits.
Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Oil	Cont.
			C	C	N	N	C	N	N	C	N
FocusLab ID			77689			77484			77001	
Date sampled			02-Jul-07			30-Jun-07			22-Jun-07	
Hours on Oil			11192 kms			10163 kms			8866 kms	
Hours on Unit			370352 kms			369323 kms			368026 kms	
Bottle ID			866250			866245			866235	
Wear Condition										
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse
Iron	D-6595	PPM	6.6	1.0		5.7	0.0		6.2	0.0
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.4	0.0		0.3	0.0
Lead	D-6595	PPM	1.1	0.0		0.8	0.0		1.4	0.0
Copper	D-6595	PPM	34.1 A	1.6		3.9	0.0		1.4	0.2
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0
Aluminum	D-6595	PPM	2.2	0.0		2.0	0.0		2.4	0.0
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.2	0.0		0.3	0.0
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0
Molybdenum	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.8	0.0		0.6	0.0
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0
Oil Condition										
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt								
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.4 A			12.5 A			12.6 A	
Oxidation	FTIR	Abs	11.4			11.1			10.5	
Nitration	FTIR	Abs	7.4			7.3			7.0	
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.62 C			3.14 C			2.78	
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.7			8.3			10.6	
Contamination										
Water	FTIR	% (Wt.)	0.049			0.049			0.049	
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20			0.10			0.20	
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0	
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.52			0.51			0.51	
Sodium	D-6595	PPM	40			42			39	
Silicon	D-6595	PPM	2.7	1.9		3.4	0.0		3.4	0.0
Additive Element										
Boron	D-6595	PPM	9			9			11	
Magnesium	D-6595	PPM	16			15			17	
Calcium	D-6595	PPM	3809			3476			3907	
Barium	D-6595	PPM	0			5			0	
Phosphorus	D-6595	PPM	1152			1186			1243	
Zinc	D-6595	PPM	1434	142		1215	99		1372	348
Additional Test										
Flash Point	D-3828	°C								
Viscosity Index	D-2270									
Other										

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-61 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 12222 ถึง 14055 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

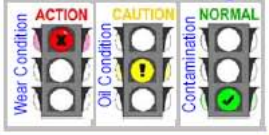
Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3427 Eng

Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Oil condition tests indicate that the oil is slightly degraded.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	C	N	A	A	N	A	A	N
FocusLab ID			79498			77895			77830		
Date sampled			04-Aug-07			07-Jul-07			05-Jul-07		
Hours on Oil			14055 kms			13289 kms			12222 kms		
Hours on Unit			373215 kms			372449 kms			371382 kms		
Bottle ID			868173			866256			866252		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	8.7	2.7		7.4	1.7		7.1	1.2	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.9	0.0		1.0	0.5	
Lead	D-6595	PPM	0.3	0.0		1.6	0.0		1.5	0.0	
Copper	D-6595	PPM	474.5 A	10.7 A		364.0 A	16.1 A		210.7 A	6.5 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.3	
Aluminum	D-6595	PPM	3.0	0.0		3.5	0.0		2.9	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.5	0.0		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.7	0.0		0.2	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.2	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.1 A			12.3 A			12.3 A		
Oxidation	FTIR	Abs	12.5			11.7			11.8		
Nitration	FTIR	Abs	7.6 C			7.1			7.4		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.74			3.73 A			4.67 A		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.8			8.1			9.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.055			0.045			0.051		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.20			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.59			0.79			0.53		
Sodium	D-6595	PPM	44			42			46		
Silicon	D-6595	PPM	4.5	0.0		4.5	0.8		3.5	1.1	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	8			9			9		
Magnesium	D-6595	PPM	14			16			16		
Calcium	D-6595	PPM	3416			3596			3730		
Barium	D-6595	PPM	5			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1191			1188			1134		
Zinc	D-6595	PPM	1268	80		1439	126		1474	153	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level
L-Caution : Lower CAUTION Level
L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-62 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 15093 ถึง 17171 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

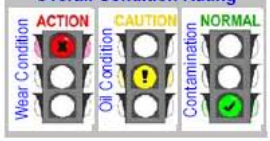
LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3427 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Oil condition tests indicate that the oil is near the end of it's useful service life.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)
			A	C	N	A	A	N	A	C	N	
FocusLab ID			79932			79779			79499			
Date sampled			11-Aug-07			09-Aug-07			06-Aug-07			
Hours on Oil			17171 kms			16127 kms			15093 kms			
Hours on Unit			376331 kms			375287 kms			374253 kms			
Bottle ID			868176			868175			868174			

Wear Condition									New Oil	RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse		U-Caution	U-Action	U-Caution	U-Action
Iron	D-6595	PPM	8.8	5.9	9.1	1.2	8.9	0.0	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	0.8	0.2	0.8	0.7	0.8	0.0	0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	0.6	1.7	1.7	2.1	1.0	0.0	0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	517.5 A	30.2 A	541.2 A	19.8 A	597.6 A	15.4 A	0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0	1.2	0.0	2.8	0.0	0.0	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	3.3	0.0	3.2	0.0	3.0	0.0	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0	0.5	0.3	0.2	0.0	0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0				

Oil Condition									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt											
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	11.9 A		12.1 A		12.0 A		14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	13.7		13.1		12.7		12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	7.9 C		7.8 C		7.6 C		6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.52		3.82 A		2.66		2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.3		8.5		8.6		14.0	<2	<4		

Contamination									New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.050		0.051		0.048		0.053			>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10		0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0						
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.57		0.59		0.57		0.00			>1.4	>2.2
										RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	52		48		44		11				
Silicon	D-6595	PPM	4.0	1.7	4.7	0.3	5.1	0.0	0	>20	>30	>15	>25

Additive Element									New Oil
Boron	D-6595	PPM	7		8		8		14
Magnesium	D-6595	PPM	16		16		16		17
Calcium	D-6595	PPM	3709		3620		3509		3637
Barium	D-6595	PPM	0		0		7		0
Phosphorus	D-6595	PPM	1020		1146		1211		1132
Zinc	D-6595	PPM	1358	129	1324	131	1296	79	1311

Additional Test									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C											
Viscosity Index	D-2270												
Other													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-63 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3427 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 18197 ถึง 20274 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

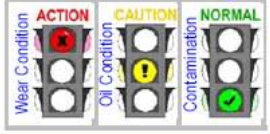
ISO 9001: 2000 Certified. Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3427 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Oil condition tests indicate that the oil is near the end of it's useful service life.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample				Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	C	N	A	C	N	A	C	N
FocusLab ID			80145			80144			79933		
Date sampled			20-Aug-07			17-Aug-07			14-Aug-07		
Hours on Oil			20274 kms			19478 kms			18197 kms		
Hours on Unit			379434 kms			378638 kms			377357 kms		
Bottle ID			868179			868178			868177		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	9.2	3.2		7.9	2.4		9.6	1.9	
Chromium	D-6595	PPM	1.0	0.4		0.8	0.7		1.1	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.3	0.7		0.5	4.7		1.6	0.0	
Copper	D-6595	PPM	445.9 A	18.1 A		370.8 A	15.3 A		589.7 A	24.5 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.9		0.0	2.8		0.0	1.1	
Aluminum	D-6595	PPM	2.6	0.0		2.3	0.4		3.2	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.4		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	1.1		0.5	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	11.7 A			11.8 A			11.6 A		
Oxidation	FTIR	Abs	14.5			14.3			13.4		
Nitration	FTIR	Abs	8.0 C			7.9 C			7.6 C		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.44			2.30			2.72		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	7.8			7.7			8.2		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.056			0.051			0.048		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.59			0.57			0.58		
Sodium	D-6595	PPM	53			58			47		
Silicon	D-6595	PPM	4.4	0.6		3.8	1.0		4.7	0.7	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	5			5			6		
Magnesium	D-6595	PPM	15			13			16		
Calcium	D-6595	PPM	3406			3294			3440		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1106			1028			1070		
Zinc	D-6595	PPM	1271	94		1249	88		1289	107	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
11				
0	>20	>30	>15	>25
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-64 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 ถึง 1005 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3435 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
Continue routine sampling interval.

WC / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample	Previous Sample
Wear			N	N
Oil			N	N
Cont.			N	N
FocusLab ID			74927	74718
Date sampled			12-May-07	09-May-07
Hours on Oil			1005 kms	0 kms
Hours on Unit			351067 kms	350062 kms
Bottle ID			865164	865158

Wear Condition						
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse
Iron	D-6595	PPM	3.2	0.3	3.5	2.9
Chromium	D-6595	PPM	0.2	0.0	0.4	0.5
Lead	D-6595	PPM	0.0	0.7	1.0	2.8
Copper	D-6595	PPM	0.3	0.0	0.1	0.9
Tin	D-6595	PPM	0.0	1.2	0.0	3.0
Aluminum	D-6595	PPM	1.8	0.0	2.0	0.0
Nickel	D-6595	PPM	0.5	0.0	0.7	0.7
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0	0.1	0.0
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	0.0	0.7	0.1
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.5
Oil Condition						
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt				
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.0		14.4	
Oxidation	FTIR	Abs	9.4		9.2	
Nitration	FTIR	Abs	5.3		4.8	
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.42		2.42	
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.7		11.1	
Contamination						
Water	FTIR	% (Wt.)	0.044		0.063	
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.30	
Glycol	FTIR	Abs	0		0	
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.44		0.41	
Sodium	D-6595	PPM	12		10	
Silicon	D-6595	PPM	2.5	0.6	5.3	4.3
Additive Element						
Boron	D-6595	PPM	13		15	
Magnesium	D-6595	PPM	12		17	
Calcium	D-6595	PPM	3677		3541	
Barium	D-6595	PPM	0		0	
Phosphorus	D-6595	PPM	1174		1184	
Zinc	D-6595	PPM	1387	135	1376	140
Additional Test						
Flash Point	D-3828	°C				
Viscosity Index	D-2270					
Other						

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-65 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1773 ถึง 4238 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3435 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			75531			75350			75089		
Date sampled			22-May-07			19-May-07			15-May-07		
Hours on Oil			4238 kms			3262 kms			1773 kms		
Hours on Unit			354300 kms			353324 kms			351835 kms		
Bottle ID			865183			865177			865169		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	3.7	1.5		4.4	1.5		3.4	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.1	1.5		0.5	0.8		0.1	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.4	5.8		1.0	0.0		0.2	0.0	
Copper	D-6595	PPM	0.6	0.2		0.6	0.3		0.4	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	8.4		0.0	14.0 C		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	1.7	0.2		2.6	0.0		1.6	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	2.6 A		0.3	0.2		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	2.4		0.0	0.0		0.3	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	1.2		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.4 C			13.6			13.9		
Oxidation	FTIR	Abs	9.8			9.4			9.4		
Nitration	FTIR	Abs	6.2			5.9			5.6		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.57			2.33			2.50		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.3			10.6			10.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.044			0.044			0.049		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.20		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.47			0.47			0.45		
Sodium	D-6595	PPM	16			14			12		
Silicon	D-6595	PPM	2.1	3.2		3.3	0.3		2.4	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	11			12			12		
Magnesium	D-6595	PPM	12			13			12		
Calcium	D-6595	PPM	3797			4326			3481		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1131			1157			1257		
Zinc	D-6595	PPM	1393	196		1697	693		1307	307	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil				
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-66 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 5735 ถึง 7759 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3435 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	C	N	N	C	N	N	N	N
FocusLab ID			76351			76055			75728		
Date sampled			09-Jun-07			05-Jun-07			28-May-07		
Hours on Oil			7759 kms			6752 kms			5735 kms		
Hours on Unit			357821 kms			356814 kms			355797 kms		
Bottle ID			866210			866204			866198		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	5.0	0.5		4.8	0.0		4.6	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.6	0.1		0.4	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.3	0.5		0.8	0.0		1.0	0.0	
Copper	D-6595	PPM	1.0	0.0		1.1	0.2		0.8	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	1.8		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	1.6	0.0		2.1	0.0		2.2	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.4	0.0		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.2	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.4		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.2 C			13.3 C			13.4 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.1			10.2			9.8		
Nitration	FTIR	Abs	6.8			6.8			6.5		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.27			2.87			2.53		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.4			10.3			10.3		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.043			0.050			0.046		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.48			0.48			0.48		
Sodium	D-6595	PPM	14			17			16		
Silicon	D-6595	PPM	2.5	0.8		2.9	0.0		3.4	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	10			11			11		
Magnesium	D-6595	PPM	11			13			13		
Calcium	D-6595	PPM	3412			3645			3841		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1054			1107			1196		
Zinc	D-6595	PPM	1279	124		1327	287		1408	117	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-67 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 9015 ถึง 11017 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

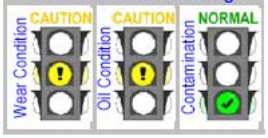
LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3435 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	C	N	N	C	N	N	C	N
FocusLab ID			77002			76809			76741		
Date sampled			22-Jun-07			18-Jun-07			15-Jun-07		
Hours on Oil			11017 kms			10016 kms			9015 kms		
Hours on Unit			361079 kms			360078 kms			359077 kms		
Bottle ID			866236			866228			866217		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	6.6	0.0		5.4	0.6		5.8	12.5	
Chromium	D-6595	PPM	1.0	0.0		0.6	0.5		0.6	0.4	
Lead	D-6595	PPM	1.9	0.0		0.7	0.0		1.3	0.0	
Copper	D-6595	PPM	96.1 A	5.2 A		12.9	0.8		1.5	0.5	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	2.0		0.0	2.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.4	0.0		2.1	10.2		2.0	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.2	0.0		0.5	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	1.2	0.0		0.7	0.0		0.8	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.9 A			12.8 A			13.0 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.9			10.6			10.4		
Nitration	FTIR	Abs	7.1			7.2			7.1		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.96			2.61			2.68		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.9			10.2			11.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.048			0.050			0.046		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.49			0.49			0.50		
Sodium	D-6595	PPM	15			16			14		
Silicon	D-6595	PPM	3.2	0.0		3.3	0.9		3.0	5.3	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	10			10			10		
Magnesium	D-6595	PPM	14			13			13		
Calcium	D-6595	PPM	3883			3431			3516		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1196			1164			1136		
Zinc	D-6595	PPM	1397	123		1351	179		1364	234	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine	RFS coarse
11		
0	>20 >30	>15 >25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-65 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 12007 ถึง 14040 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3435 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note TAN is above Alarm Limits.
Note that AO (anti-oxidant) additive depletion is Cautionary (below 25% remaining) for SAE applications, which are different than ASTM Turbine Oil applications.
Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)
			A	C	N	A	C	N	A	C	N	
FocusLab ID			78163			77485			77173			
Date sampled			12-Jul-07			30-Jun-07			25-Jun-07			
Hours on Oil			14040 kms			13019 kms			12007 kms			
Hours on Unit			364102 kms			363081 kms			362069 kms			
Bottle ID			868155			866246			866241			

Wear Condition									New Oil	RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse		U-Caution	U-Action	U-Caution	U-Action
Iron	D-6595	PPM	6.8	0.5	5.7	0.0	5.8	0.8	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	0.9	0.0	0.6	0.0	0.6	0.3	0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	1.4	0.0	0.9	0.0	0.7	1.0	0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	428.4 A	22.6 A	352.6 A	16.2 A	270.4 A	14.0 A	0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	2.5	0.0	2.1	0.0	2.4	0.0	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	0.7	0.0	0.3	0.0	0.4	0.0	0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.8	0.0	0.7	0.0	0.4	0.0	0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Oil Condition									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt											
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.6 A		12.5 A		12.7 A		14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	11.9		11.1		11.3		12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	7.4		7.3		7.2		6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.35 C		3.38 C		3.02		2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.3		9.2		8.7		14.0	<2	<4		
Contamination									New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.053		0.049		0.050		0.053			>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10		0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0						
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.50		0.51		0.49		0.00			>1.4	>2.2
										RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	19		17		16		11				
Silicon	D-6595	PPM	3.6	0.0	3.0	0.0	3.1	0.0	0	>20	>30	>15	>25
Additive Element									New Oil				
Boron	D-6595	PPM	7		7		8		14				
Magnesium	D-6595	PPM	13		12		12		17				
Calcium	D-6595	PPM	4147		3423		3473		3637				
Barium	D-6595	PPM	0		0		0		0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1238		1107		1125		1132				
Zinc	D-6595	PPM	1428	161	1221	97	1246	127	1311				
Additional Test									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C											
Viscosity Index	D-2270												
Other													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-69 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 15019 ถึง 16964 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

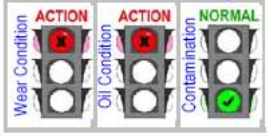
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3435 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Oil condition tests indicate that the oil is past the end of its' useful service life.
Recommend change oil and flush system with clean oil to remove contamination, if the oil from this sample is still in use in this component.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	A	N	A	C	N	A	C	N
FocusLab ID			78532			78433			78329		
Date sampled			19-Jul-07			16-Jul-07			14-Jul-07		
Hours on Oil			16964 kms			15986 kms			15019 kms		
Hours on Unit			367026 kms			366048 kms			365081 kms		
Bottle ID			868162			868160			868158		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	6.5	0.0		6.3	1.0		6.7	1.2	
Chromium	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.7	0.0		0.8	0.4	
Lead	D-6595	PPM	1.2	0.0		1.2	0.0		1.8	0.0	
Copper	D-6595	PPM	331.9 A	27.1 A		425.5 A	80.7 A		548.4 A	61.3 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.8	
Aluminum	D-6595	PPM	2.6	0.0		2.0	0.0		2.3	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.5	0.0		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.9	0.0		1.1	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.5 A			12.5 A			12.7 A		
Oxidation	FTIR	Abs	12.7			12.7			12.1		
Nitration	FTIR	Abs	7.6			7.6			7.4		
TAN	D-974	mg KOH/g.	5.25 A			3.79 A			3.64 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	7.0			8.1			6.4		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.053			0.051			0.051		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.50			0.50			0.50		
Sodium	D-6595	PPM	18			18			15		
Silicon	D-6595	PPM	3.8	0.0		2.7	0.0		4.4	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	6			6			7		
Magnesium	D-6595	PPM	11			12			12		
Calcium	D-6595	PPM	3286			3731			3523		
Barium	D-6595	PPM	0			0			3		
Phosphorus	D-6595	PPM	1017			1149			1230		
Zinc	D-6595	PPM	1302	132		1259	255		1297	218	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level — L-Caution : Lower CAUTION Level — First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level — L-Action : Lower ACTION required Level — Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied. — No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-70 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3435 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17939 ถึง 20401 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

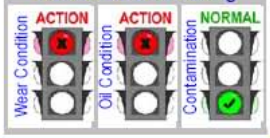
Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3435 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Oil condition tests indicate that the oil is past the end of its' useful service life.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	A	N	A	A	N	A	A	N
FocusLab ID			79088			78897			78691		
Date sampled			27-Jul-07			24-Jul-07			21-Jul-07		
Hours on Oil			20401 kms			18935 kms			17939 kms		
Hours on Unit			370463 kms			368997 kms			368001 kms		
Bottle ID			868169			868167			868164		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	7.0	2.3		7.3	0.0		6.7	2.1	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.8	0.0		0.6	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.6	0.0		1.4	0.0		1.3	0.7	
Copper	D-6595	PPM	369.6 A	21.2 A		407.6 A	16.1 A		457.5 A	20.4 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.2	0.0		2.6	0.0		2.1	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.4	0.0		0.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.4 A			12.4 A			12.5 A		
Oxidation	FTIR	Abs	13.5			13.4			13.2		
Nitration	FTIR	Abs	7.6			7.7 C			7.6 C		
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.67 C			3.27 C			3.46 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	7.1			7.2			6.7		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.053			0.055			0.050		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.54			0.50			0.51		
Sodium	D-6595	PPM	18			18			17		
Silicon	D-6595	PPM	3.4	0.2		3.3	0.0		3.1	0.6	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	5			5			5		
Magnesium	D-6595	PPM	12			12			11		
Calcium	D-6595	PPM	3375			3471			3326		
Barium	D-6595	PPM	0			2			4		
Phosphorus	D-6595	PPM	1037			1183			1188		
Zinc	D-6595	PPM	1314	96		1312	52		1270	111	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-71 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 ถึง 1071 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3440 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample		
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			74454			74264		
Date sampled			07-May-07			30-Apr-07		
Hours on Oil			1071 kms			0 kms		
Hours on Unit			362445 kms			361374 kms		
Bottle ID			865155			862023		
Wear Condition								
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	4.5	2.6		3.8	0.1	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	1.2		0.3	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.1	8.7 C		0.6	0.0	
Copper	D-6595	PPM	0.7	0.1		0.3	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	7.1		0.0	1.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.1	4.4		1.5	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.3	1.0 C		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.6	5.2		0.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.4		0.0	0.0	
Oil Condition								
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt						
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	14.0			14.3		
Oxidation	FTIR	Abs	9.6			9.6		
Nitration	FTIR	Abs	5.3			5.1		
TAN	D-974	mg KOH/g	2.46			2.52		
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.6			10.4		
Contamination								
Water	FTIR	% (Wt.)	0.041			0.063		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.40			0.39		
Sodium	D-6595	PPM	27			18		
Silicon	D-6595	PPM	2.9	2.8		6.1	1.5	
Additive Element								
Boron	D-6595	PPM	13			14		
Magnesium	D-6595	PPM	13			16		
Calcium	D-6595	PPM	3743			3364		
Barium	D-6595	PPM	0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1260			1158		
Zinc	D-6595	PPM	1361	176		1403	119	
Additional Test								
Flash Point	D-3828	°C						
Viscosity Index	D-2270							
Other								

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine	RFS coarse		
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil				
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-72 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 2117 ถึง 4471 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

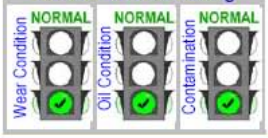
LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3440 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			75090			74928			74719		
Date sampled			15-May-07			12-May-07			09-May-07		
Hours on Oil			4471 kms			3178 kms			2117 kms		
Hours on Unit			365845 kms			364552 kms			363491 kms		
Bottle ID			865167			865162			865157		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	4.7	0.0		4.5	0.7		4.5	1.5	
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.7	0.0		0.4	1.0	
Lead	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.4	0.0		0.0	2.6	
Copper	D-6595	PPM	1.0	0.0		0.8	0.0		0.8	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.4		0.0	4.3	
Aluminum	D-6595	PPM	2.1	0.0		2.1	0.0		1.8	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.4	0.0		0.1	0.8	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.8	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	13.4 C			13.4 C			13.6 C		
Oxidation	FTIR	Abs	9.9			9.4			9.5		
Nitration	FTIR	Abs	6.3			6.0			5.6		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.36			2.64			2.38		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.4			10.6			10.5		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.048			0.047			0.043		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20			0.60			0.30		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.47			0.46			0.43		
Sodium	D-6595	PPM	35			36			32		
Silicon	D-6595	PPM	2.8	0.0		2.8	2.0		2.9	1.4	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	11			11			13		
Magnesium	D-6595	PPM	12			11			12		
Calcium	D-6595	PPM	3697			3565			3716		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1221			1118			1128		
Zinc	D-6595	PPM	1364	175		1306	123		1389	166	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.8	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-73 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 5522 ถึง 7908 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

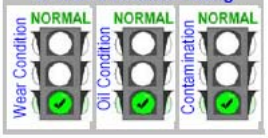
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3440 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)
			N	N	N	N	C	N	N	N	N	
FocusLab ID			75637			75351			75210			
Date sampled			25-May-07			20-May-07			17-May-07			
Hours on Oil			7908 kms			6556 kms			5522 kms			
Hours on Unit			369282 kms			367930 kms			366896 kms			
Bottle ID			865185			865179			865174			

Wear Condition									New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse					
Iron	D-6595	PPM	6.6	0.0	5.8	5.1	5.6	2.4	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	1.5	0.0	1.3	0.0	0.9	0.2	0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	1.5	0.0	1.6	0.0	0.8	3.2	0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	1.6	0.0	1.1	0.3	1.2	0.2	0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	2.7	0.0	2.4	0.0	2.3	0.0	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0	0.2	0.0	0.6	1.0 C	0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	0.0	0.4	0.0	0.4	1.2	0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0				

Oil Condition									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt											
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.0 C		12.7 A		13.2 C		14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	10.2		9.9		10.5		12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	6.8		6.6		6.7		6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.58		2.80		2.53		2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.9		10.3		10.3		14.0	<2	<4		

Contamination									New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.043		0.041		0.042		0.053			>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.20		0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0						
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.48		0.49		0.48		0.00			>1.4	>2.2
										RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	44		33		34		11				
Silicon	D-6595	PPM	3.2	0.0	3.7	1.1	3.9	2.2	0	>20	>30	>15	>25

Additive Element									New Oil				
Boron	D-6595	PPM	11		10		10		14				
Magnesium	D-6595	PPM	13		12		12		17				
Calcium	D-6595	PPM	3744		3457		3613		3637				
Barium	D-6595	PPM	0		0		3		0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1167		1202		1313		1132				
Zinc	D-6595	PPM	1384	125	1290	98	1339	100	1311				

Additional Test									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C											
Viscosity Index	D-2270												
Other													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-74 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 9475 ถึง 12001 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3440 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Recommend resample this component again, immediately upon receipt of this report, to monitor the abnormalities closely.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Oil	Wear	Cont.
			A	N	N	N	C	N	N	C	N
FocusLab ID			76316			76056			75906		
Date sampled			05-Jun-07			05-Jun-07			29-May-07		
Hours on Oil			12001 kms			10913 kms			9475 kms		
Hours on Unit			373375 kms			372287 kms			370849 kms		
Bottle ID			866205			866203			866200		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	7.7	1.6		7.3	1.4		6.9	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	1.5	0.4		1.7	0.9		1.7	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.4	2.1		2.2	0.0		1.9	0.0	
Copper	D-6595	PPM	90.2 A	5.1 A		15.4 A	0.7		2.5	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.9		0.0	3.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.4	0.0		2.7	0.0		2.7	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.1		0.3	0.4		0.1	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.8	0.0		0.6	0.0		0.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.8		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 ℃	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 ℃	D-445	cSt	12.6 A			12.8 A			12.8 A		
Oxidation	FTIR	Abs	11.1			10.8			10.3		
Nitration	FTIR	Abs	7.3			7.2			7.1		
TAN	D-974	mg KOH/g.	0.45			3.38 C			3.45 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.9			10.0			9.7		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.045			0.045			0.046		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.47			0.48			0.48		
Sodium	D-6595	PPM	34			42			42		
Silicon	D-6595	PPM	3.9	1.8		3.7	1.2		4.0	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	9			10			10		
Magnesium	D-6595	PPM	12			13			13		
Calcium	D-6595	PPM	3290			3464			3597		
Barium	D-6595	PPM	2			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1152			1128			1199		
Zinc	D-6595	PPM	1344	147		1297	170		1349	143	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
11				
0	>20	>30	>15	>25
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-75 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 13054 ถึง 14408 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering Chulalongkorn University Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3440 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

	ACTION	CAUTION	NORMAL
Wear Condition			
Oil Condition			
Contamination			

Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Note TAN is above Alarm Limits.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	C	N	A	C	N	A	N	N
FocusLab ID			76742			76482			76352		
Date sampled			15-Jun-07			12-Jun-07			09-Jun-07		
Hours on Oil			14408 kms			13874 kms			13054 kms		
Hours on Unit			375782 kms			375246 kms			374428 kms		
Bottle ID			866220			866213			866207		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	7.6	1.3		7.4	1.3		7.4	4.1	
Chromium	D-6595	PPM	1.6	0.2		1.5	0.9		1.6	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.4	0.0		1.3	1.5		0.6	0.0	
Copper	D-6595	PPM	427.3 A	18.7 A		367.4 A	22.0 A		292.9 A	19.2 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	1.2		0.0	3.1		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.3	0.0		2.3	0.4		2.1	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.5	0.3		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.4	0.0		0.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.3 A			12.5 A			12.5 A		
Oxidation	FTIR	Abs	11.4			11.5			11.1		
Nitration	FTIR	Abs	7.3			7.3			7.2		
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.30 C			3.14 C			3.08		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.1			9.3			9.6		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.050			0.048			0.046		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.48			0.47			0.46		
Sodium	D-6595	PPM	45			45			44		
Silicon	D-6595	PPM	4.1	1.0		3.1	1.3		4.0	0.7	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	8			7			8		
Magnesium	D-6595	PPM	13			12			12		
Calcium	D-6595	PPM	3490			3464			3601		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1034			1038			1033		
Zinc	D-6595	PPM	1331	119		1227	156		1320	158	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level
L-Caution : Lower CAUTION Level
L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-76 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 14008 ถึง 16576 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

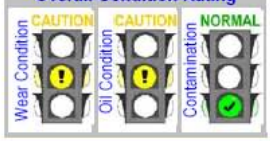
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3440 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note viscosity is lower than normal limits.
Note abnormal copper detected.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	C	N	C	N	N	C	N	N
FocusLab ID			76968			76810			76743		
Date sampled			21-Jun-07			17-Jun-07			15-Jun-07		
Hours on Oil			2168 kms			1049 kms			0 kms		
Hours on Unit			377950 kms			376831 kms			375782 kms		
Bottle ID			866233			866226			866221		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	4.2	1.3		2.6	0.5		2.9	3.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.5		0.2	0.7		0.2	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.9	4.5		0.4	1.7		0.1	0.0	
Copper	D-6595	PPM	65.3 A	4.0 C		56.1 A	3.2 C		18.5 A	1.2	
Tin	D-6595	PPM	0.0	4.7		0.0	4.2		0.0	3.6	
Aluminum	D-6595	PPM	1.8	0.1		1.5	0.0		1.6	1.2	
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.4		0.2	0.0		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	1.2	0.0		0.4	0.0		0.1	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.4 C			13.8			14.1		
Oxidation	FTIR	Abs	9.2			9.4			9.5		
Nitration	FTIR	Abs	5.5			5.3			5.0		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.52			2.66			1.34		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.7			10.3			10.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.043			0.044			0.051		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.48			0.46			0.44		
Sodium	D-6595	PPM	17			12			9		
Silicon	D-6595	PPM	3.2	2.2		2.7	1.3		6.7	7.8	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	14			14			16		
Magnesium	D-6595	PPM	21			17			24		
Calcium	D-6595	PPM	3602			3313			3617		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1222			1141			1065		
Zinc	D-6595	PPM	1428	185		1361	179		1350	167	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-77 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 17643 ถึง 19751 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

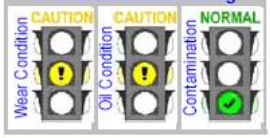
Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3440 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)
			C	C	N	C	C	N	C	C	N	
FocusLab ID			77486			77364			77174			
Date sampled			01-Jul-07			27-Jun-07			23-Jun-07			
Hours on Oil			5343 kms			4287 kms			3235 kms			
Hours on Unit			381125 kms			380069 kms			379017 kms			
Bottle ID			866247			866243			866238			

Wear Condition									New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse	RDE fine	RFS coarse					
Iron	D-6595	PPM	3.6	0.0	3.8	1.2	3.2	0.0	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.0	0.6	0.7	0.3	0.0	0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	0.6	0.0	0.5	3.4	0.9	0.0	0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	74.3 A	6.0 A	68.2 A	3.0 C	62.7 A	4.9 A	0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.0	0.2	0.6	0.4	0.0	0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.2	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0				

Oil Condition									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt											
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.2 C		13.4 C		13.4 C		14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	11.5		10.1		9.9		12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	7.2		6.2		6.0		6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.75		2.68		2.53		2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.5		9.8		10.0		14.0	<2	<4		

Contamination									New Oil	U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.049		0.041		0.042		0.053	>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10		0.10		0.10		0.00	>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0		0		0				
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.49		0.51		0.50		0.00	>1.4	>2.2
										RDE fine	RFS coarse
Sodium	D-6595	PPM	19		14		13		11		
Silicon	D-6595	PPM	3.3	0.0	3.7	1.1	3.2	0.0	0	>20	>30	>15	>25

Additive Element									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Boron	D-6595	PPM	11		12		12		14				
Magnesium	D-6595	PPM	17		19		18		17				
Calcium	D-6595	PPM	3653		3691		3370		3637				
Barium	D-6595	PPM	0		0		0		0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1133		1218		1242		1132				
Zinc	D-6595	PPM	1335	189	1419	164	1302	189	1311				

Additional Test									New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C											
Viscosity Index	D-2270												
Other													

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-78 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3440 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 20524 ถึง 22598 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

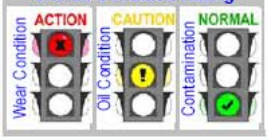
Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3440 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	C	N	A	C	N	A	C	N
FocusLab ID			79089			78692			78533		
Date sampled			28-Jul-07			21-Jul-07			19-Jul-07		
Hours on Oil			8190 kms			7142 kms			6113 kms		
Hours on Unit			383972 kms			382924 kms			381895 kms		
Bottle ID			868171			868166			868163		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	5.0	0.3		4.7	0.0		4.6	0.3	
Chromium	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.9	0.0		0.9	0.2	
Lead	D-6595	PPM	0.6	0.0		1.6	0.0		1.5	0.0	
Copper	D-6595	PPM	74.1 A	2.4 C		71.6 A	3.6 C		75.2 A	26.7 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	7.2	
Aluminum	D-6595	PPM	1.4	0.0		1.7	0.0		1.8	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.2	0.0		0.0	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.4	0.0		0.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.1		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.0 C			13.1 C			13.1 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.8			10.4			9.9		
Nitration	FTIR	Abs	6.8			6.6			6.4		
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.70 A			3.45 C			3.65 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.2			9.4			9.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.044			0.044			0.045		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.56			0.54			0.54		
Sodium	D-6595	PPM	18			17			17		
Silicon	D-6595	PPM	3.6	0.0		3.5	0.4		3.5	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	10			10			11		
Magnesium	D-6595	PPM	18			16			17		
Calcium	D-6595	PPM	3556			3351			3412		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1239			1299			1203		
Zinc	D-6595	PPM	1379	98		1356	166		1370	588	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-79 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 2

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample	Previous Sample
			Wear: N, Oil: N, Cont.: N	
FocusLab ID			74265	
Date sampled			30-Apr-07	
Hours on Oil			0 kms	
Hours on Unit			364463 kms	
Bottle ID			862024	
Wear Condition				
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse
Iron	D-6595	PPM	3.9	1.0
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.5
Lead	D-6595	PPM	1.1	0.0
Copper	D-6595	PPM	0.2	0.0
Tin	D-6595	PPM	0.0	5.0
Aluminum	D-6595	PPM	2.0	0.0
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0
Molybdenum	D-6595	PPM	0.9	0.0
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0
Oil Condition				
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.3	
Oxidation	FTIR	Abs	9.6	
Nitration	FTIR	Abs	5.1	
TAN	D-974	mg KOH/g	2.36	
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.3	
Contamination				
Water	FTIR	% (Wt.)	0.058	
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10	
Glycol	FTIR	Abs	0	
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.39	
Sodium	D-6595	PPM	15	
Silicon	D-6595	PPM	5.2	1.4
Additive Element				
Boron	D-6595	PPM	13	
Magnesium	D-6595	PPM	17	
Calcium	D-6595	PPM	3522	
Barium	D-6595	PPM	1	
Phosphorus	D-6595	PPM	1179	
Zinc	D-6595	PPM	1411	345
Additional Test				
Flash Point	D-3828	°C		
Viscosity Index	D-2270			
Other				

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.8	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine		RFS coarse	
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil				
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-80 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 1073 ถึง 3141 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
Continue routine sampling interval.

WC / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			74929			74720			74455		
Date sampled			10-May-07			08-May-07			06-May-07		
Hours on Oil			3141 kms			2105 kms			1073 kms		
Hours on Unit			367604 kms			366568 kms			365536 kms		
Bottle ID			865161			865156			865154		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	4.9	1.2		4.6	0.3		4.0	2.6	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.1		0.3	0.0		0.3	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.4	3.0	
Copper	D-6595	PPM	0.6	0.4		0.5	0.0		0.4	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	9.3		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	2.4	0.0		1.7	0.0		1.6	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.3	0.0		0.1	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.9	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.5 C			13.7			13.8		
Oxidation	FTIR	Abs	9.5			9.7			9.5		
Nitration	FTIR	Abs	6.0			5.7			5.4		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.24			2.21			2.21		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.2			10.4			10.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.044			0.044			0.046		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20			0.30			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46			0.44			0.40		
Sodium	D-6595	PPM	16			15			13		
Silicon	D-6595	PPM	3.0	0.0		2.6	0.0		1.9	1.4	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	11			13			13		
Magnesium	D-6595	PPM	12			13			13		
Calcium	D-6595	PPM	3776			3784			3636		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1147			1141			1265		
Zinc	D-6595	PPM	1425	627		1395	119		1344	99	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

	New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Iron	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	0	>10	>15	>7	>13
Lead	0	>10	>20	>7	>13
Copper	0	>7	>12	>2	>4
Tin	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	0	>1	>2	>1	>2
Silver	0				
Molybdenum	0				
Titanium	0				

	New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Viscosity @ 100 °C	12.1			>15.1	>18.2
Oxidation	6.1			>7.6	>9.2
Nitration	2.47			>3.1	>3.7
TAN	14.0	<2	<4		
TBN					

	New Oil	U-Caution	U-Action
Water	0.053	>0.15	>0.46
Fuel	0.00	>3	>5
Glycol			
Soot	0.00	>1.4	>2.2

	New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Sodium	11				
Silicon	0	>20	>30	>15	>25

	New Oil
Boron	14
Magnesium	17
Calcium	3637
Barium	0
Phosphorus	1132
Zinc	1311

	New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point					
Viscosity Index					
Other					

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-81 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 4163 ถึง 6223 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

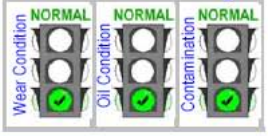
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			75211			75091			74930		
Date sampled			17-May-07			15-May-07			13-May-07		
Hours on Oil			6223 kms			5181 kms			4163 kms		
Hours on Unit			370686 kms			369644 kms			368626 kms		
Bottle ID			865173			865171			865165		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	5.8	0.9		5.5	3.0		4.9	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.7	0.3		0.3	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.7	0.1		0.2	0.0	
Copper	D-6595	PPM	0.8	0.0		0.8	0.5		0.7	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	8.6		0.0	0.4	
Aluminum	D-6595	PPM	2.2	0.0		2.6	0.0		2.3	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.6	0.0		0.3	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.1	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.2	0.0		0.0	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.1 C			13.1 C			13.2 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.0			9.9			9.6		
Nitration	FTIR	Abs	6.7			6.5			6.3		
TAN	D-974	mg KOH/g	2.79			2.58			2.44		
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.3			10.3			10.6		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.046			0.046			0.046		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20			0.20			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.48			0.48			0.47		
Sodium	D-6595	PPM	13			15			14		
Silicon	D-6595	PPM	3.0	0.5		2.9	0.9		2.9	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	9			10			10		
Magnesium	D-6595	PPM	12			12			11		
Calcium	D-6595	PPM	3514			3758			3572		
Barium	D-6595	PPM	1			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1312			1199			1106		
Zinc	D-6595	PPM	1351	159		1368	552		1369	120	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11			
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-82 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 7254 ถึง 9832 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
Note viscosity is lower than normal limits.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

WC / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	C	N	N	N	N	C	N	N
FocusLab ID			75729			75638			75532		
Date sampled			28-May-07			25-May-07			21-May-07		
Hours on Oil			9832 kms			8286 kms			7254 kms		
Hours on Unit			374295 kms			372749 kms			371717 kms		
Bottle ID			865189			865186			865180		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**		**RFS coarse**	**RDE fine**		**RFS coarse**	**RDE fine**		**RFS coarse**
Iron	D-6595	PPM	7.0		0.0	7.3		1.0	6.2		3.9
Chromium	D-6595	PPM	0.9		0.0	0.9		0.0	1.1		2.2
Lead	D-6595	PPM	1.7		0.0	1.5		0.0	1.7		8.4 C
Copper	D-6595	PPM	2.2		0.0	1.3		0.0	1.1		0.4
Tin	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		13.2 C
Aluminum	D-6595	PPM	2.3		0.0	2.8		0.0	2.6		3.8
Nickel	D-6595	PPM	0.3		0.0	0.2		0.0	0.5		2.1 A
Silver	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.0		0.0	0.1		0.2
Molybdenum	D-6595	PPM	0.6		0.0	0.4		0.0	0.9		6.6
Titanium	D-6595	PPM	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.9
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.6 A			12.9 C			13.0 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.4			10.2			10.2		
Nitration	FTIR	Abs	7.1			6.9			6.9		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.58			2.56			2.40		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.4			9.9			11.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.047			0.044			0.049		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.46			0.48			0.48		
Sodium	D-6595	PPM	14			15			15		
Silicon	D-6595	PPM	4.7		0.0	3.4		0.0	3.1		5.7
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	9			10			10		
Magnesium	D-6595	PPM	13			13			12		
Calcium	D-6595	PPM	3698			3711			3792		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1223			1153			1150		
Zinc	D-6595	PPM	1337		134	1410		137	1379		376
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-83 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 10837 ถึง 14004 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

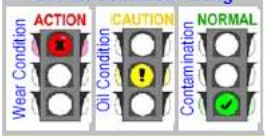
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	C	N	A	N	N	C	C	N
FocusLab ID			76484			76353			75907		
Date sampled			13-Jun-07			09-Jun-07			31-May-07		
Hours on Oil			14004 kms			12671 kms			10837 kms		
Hours on Unit			378467 kms			377134 kms			375300 kms		
Bottle ID			866215			866208			866201		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	7.0	1.5		7.4	2.0		7.2	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.7	0.4		1.2	0.0		1.1	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.5	0.0		1.2	0.0		2.0	0.0	
Copper	D-6595	PPM	416.5 A	17.1 A		306.1 A	30.0 A		17.3 A	2.6 C	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.9		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	1.9	0.0		2.4	0.0		2.5	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.6	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.6	0.0		0.5	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.3 A			12.5 A			12.7 A		
Oxidation	FTIR	Abs	11.0			11.0			10.6		
Nitration	FTIR	Abs	7.2			7.1			7.3		
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.26 C			2.76			3.35 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.1			9.2			9.2		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.051			0.050			0.045		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.45			0.46			0.45		
Sodium	D-6595	PPM	14			13			15		
Silicon	D-6595	PPM	2.7	0.1		4.0	0.0		3.9	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	7			8			9		
Magnesium	D-6595	PPM	12			12			12		
Calcium	D-6595	PPM	3421			3693			3676		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1053			1067			1155		
Zinc	D-6595	PPM	1263	129		1391	242		1363	317	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-84 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 14833 ถึง 15871 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

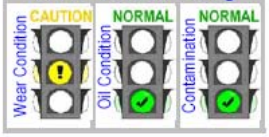
Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914
Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History			Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	N	N	N	N	N	A	A	N
FocusLab ID	Test Method	Result	76811			76745			76744		
Date sampled			17-Jun-07			15-Jun-07			15-Jun-07		
Hours on Oil			1038 kms			0 kms			14833 kms		
Hours on Unit			380334 kms			379296 kms			379296 kms		
Bottle ID			866224			866219			866218		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	2.5	0.4		3.0	0.0		7.0	2.2	
Chromium	D-6595	PPM	0.3	0.3		0.4	0.0		1.2	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.7	0.0		1.0	0.0		1.7	0.0	
Copper	D-6595	PPM	55.6 A	2.6 C		7.8 C	2.2 C		446.9 A	33.5 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	2.0		0.0	6.8		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	1.7	0.0		1.9	0.0		2.3	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.5	0.0		0.8	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	0.0		1.1	0.0		1.1	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.8			14.3			12.3 A		
Oxidation	FTIR	Abs	9.3			9.3			11.1		
Nitration	FTIR	Abs	5.3			5.0			7.2		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.34			2.40			4.26 A		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.0			9.4			8.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.044			0.051			0.047		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.45			0.44			0.45		
Sodium	D-6595	PPM	7			7			14		
Silicon	D-6595	PPM	2.6	0.8		7.5	1.2		3.5	0.5	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	14			16			7		
Magnesium	D-6595	PPM	18			25			12		
Calcium	D-6595	PPM	3408			3447			3400		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1131			1186			999		
Zinc	D-6595	PPM	1363	159		1328	605		1304	136	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

	New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Wear Condition					
Iron	0	>65	>105	>45	>80
Chromium	0	>10	>15	>7	>13
Lead	0	>10	>20	>7	>13
Copper	0	>7	>12	>2	>4
Tin	0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	0	>12	>18	>13	>25
Nickel	0	>1	>2	>1	>2
Silver	0				
Molybdenum	0				
Titanium	0				

	New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Oil Condition					
Viscosity @ 40 °C					
Viscosity @ 100 °C	14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	12.1			>15.1	>18.2
Nitration	6.1			>7.6	>9.2
TAN	2.47			>3.1	>3.7
TBN	14.0	<2	<4		

	New Oil	U-Caution	U-Action
Contamination			
Water	0.053	>0.15	>0.46
Fuel	0.00	>3	>5
Glycol			
Soot	0.00	>1.4	>2.2

	New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
Sodium	11				
Silicon	0	>20	>30	>15	>25
Additive Element					
Boron	14				
Magnesium	17				
Calcium	3637				
Barium	0				
Phosphorus	1132				
Zinc	1311				

	New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Additional Test					
Flash Point					
Viscosity Index					
Other					

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level — L-Caution : Lower CAUTION Level — First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level — L-Action : Lower ACTION required Level — Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied — No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 9800-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-85 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 16902 ถึง 19005 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

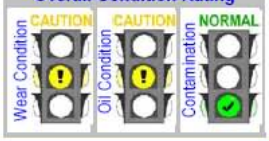
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	C	N	C	C	N	C	C	N
FocusLab ID			77175			77003			76969		
Date sampled			24-Jun-07			22-Jun-07			20-Jun-07		
Hours on Oil			4172 kms			3133 kms			2069 kms		
Hours on Unit			383468 kms			382429 kms			381365 kms		
Bottle ID			866239			866234			866231		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	3.2	1.9		3.2	0.0		3.3	0.2	
Chromium	D-6595	PPM	0.1	0.4		0.4	0.0		0.7	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.1	3.9		0.7	0.0		1.6	0.0	
Copper	D-6595	PPM	64.3 A	2.4 C		63.7 A	8.3 A		63.5 A	3.7 C	
Tin	D-6595	PPM	0.0	1.7		0.0	0.5		0.0	0.3	
Aluminum	D-6595	PPM	1.2	0.0		1.8	0.0		2.0	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.4	0.0		0.5	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.6	0.0		0.7	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.2 C			13.5 C			13.5 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.2			9.4			9.2		
Nitration	FTIR	Abs	6.2			5.8			5.6		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.56			2.76			2.48		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.9			10.7			10.5		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.043			0.046			0.045		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.50			0.48			0.47		
Sodium	D-6595	PPM	6			6			8		
Silicon	D-6595	PPM	3.4	0.0		2.5	0.0		3.6	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	12			13			13		
Magnesium	D-6595	PPM	19			19			18		
Calcium	D-6595	PPM	3515			3722			3595		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1277			1173			1148		
Zinc	D-6595	PPM	1332	118		1424	287		1451	191	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2
11		

	RDE fine		RFS coarse	
New Oil				
0	>20	>30	>15	>25
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-86 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 20313 ถึง 23224 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

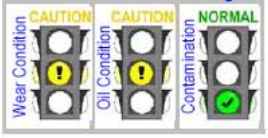
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Note viscosity is lower than normal limits.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			C	C	N	C	A	N	C	C	N
FocusLab ID			77896			77831			77365		
Date sampled			07-Jul-07			05-Jul-07			28-Jun-07		
Hours on Oil			8391 kms			7309 kms			5480 kms		
Hours on Unit			387687 kms			386605 kms			384776 kms		
Bottle ID			866255			866253			866244		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	4.8	0.3		4.0	0.7		3.7	1.7	
Chromium	D-6595	PPM	1.0	0.0		0.6	0.3		0.4	0.7	
Lead	D-6595	PPM	1.9	0.4		1.1	3.6		0.3	5.3	
Copper	D-6595	PPM	70.0 A	2.7 C		66.9 A	2.1 C		67.4 A	3.0 C	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.7		0.0	3.8	
Aluminum	D-6595	PPM	2.2	0.0		1.9	0.0		1.7	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.1	0.0		0.1	0.8	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.9	0.0		0.2	0.0		0.0	0.5	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.8 A			12.9 A			13.0 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.6			10.8			10.1		
Nitration	FTIR	Abs	6.5			6.7			6.3		
TAN	D-974	mg KOH/g	2.93			4.24 A			3.22 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.1			10.4			10.3		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.041			0.044			0.043		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.79			0.52			0.50		
Sodium	D-6595	PPM	6			6			6		
Silicon	D-6595	PPM	3.0	0.7		2.6	0.7		3.1	1.4	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	10			10			11		
Magnesium	D-6595	PPM	18			16			18		
Calcium	D-6595	PPM	3457			3206			3610		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1267			1158			1147		
Zinc	D-6595	PPM	1406	104		1381	92		1406	142	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level — L-Caution : Lower CAUTION Level — First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level — L-Action : Lower ACTION required Level — Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied — No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-87 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 25062 ถึง 27123 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

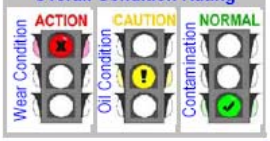
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Oil condition tests indicate that the oil is near the end of it's useful service life.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample						Alarm Limit Range				
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)				
			A	C	N	A	C	N	C	C	N					
FocusLab ID			78534			78330			78164							
Date sampled			19-Jul-07			14-Jul-07			12-Jul-07							
Hours on Oil			12290 kms			11270 kms			10229 kms							
Hours on Unit			391586 kms			390566 kms			389525 kms							
Bottle ID			868161			868159			868154							
Wear Condition												New Oil	RDE fine		RFS coarse	
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse			U-Caution	U-Action	U-Caution	U-Action
Iron	D-6595	PPM	4.9	0.0		4.5	1.9		4.7	1.9		0	>65	>105	>45	>80
Chromium	D-6595	PPM	0.6	0.0		0.4	1.1		0.6	0.0		0	>10	>15	>7	>13
Lead	D-6595	PPM	0.8	0.0		0.5	8.5 C		0.8	0.0		0	>10	>20	>7	>13
Copper	D-6595	PPM	94.4 A	19.2 A		82.4 A	3.4 C		75.1 A	3.1 C		0	>7	>12	>2	>4
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	4.6		0.0	0.0		0	>1	>2	>12	>22
Aluminum	D-6595	PPM	1.5	0.0		1.6	1.6		1.8	0.0		0	>12	>18	>13	>25
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.3		0.5	0.0		0	>1	>2	>1	>2
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0		0				
Molybdenum	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.3	4.3		0.5	0.0		0				
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.4		0.0	0.0		0				
Oil Condition												New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt														
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.5 A			12.5 A			12.7 A			14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
Oxidation	FTIR	Abs	11.4			11.6			11.2			12.1			>15.1	>18.2
Nitration	FTIR	Abs	7.0			7.0			6.9			6.1			>7.6	>9.2
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.47 C			3.74 A			3.30 C			2.47			>3.1	>3.7
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.2			9.5			9.7			14.0	<2	<4		
Contamination												New Oil			U-Caution	U-Action
Water	FTIR	% (Wt.)	0.049			0.043			0.046			0.053			>0.15	>0.46
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10			0.00			>3	>5
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0							
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.50			0.50			0.51			0.00			>1.4	>2.2
													RDE fine		RFS coarse	
Sodium	D-6595	PPM	6			6			6			11				
Silicon	D-6595	PPM	4.0	0.0		3.1	1.5		3.2	0.0		0	>20	>30	>15	>25
Additive Element												New Oil				
Boron	D-6595	PPM	7			8			8			14				
Magnesium	D-6595	PPM	16			17			17			17				
Calcium	D-6595	PPM	3108			3476			3803			3637				
Barium	D-6595	PPM	2			0			0			0				
Phosphorus	D-6595	PPM	1145			1191			1290			1132				
Zinc	D-6595	PPM	1217	332		1263	117		1373	146		1311				
Additional Test												New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
Flash Point	D-3828	°C														
Viscosity Index	D-2270															
Other																

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-88 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3441 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 28136 ถึง 30665 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

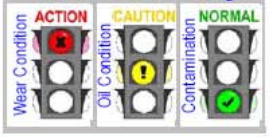
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3441 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Oil condition tests indicate that the oil is near the end of it's useful service life.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	C	N	A	C	N	A	C	N
FocusLab ID			79090			78898			78693		
Date sampled			27-Jul-07			25-Jul-07			21-Jul-07		
Hours on Oil			15832 kms			14808 kms			13303 kms		
Hours on Unit			395128 kms			394104 kms			392599 kms		
Bottle ID			868170			868168			868165		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	5.2	0.6		5.1	0.0		5.1	1.2	
Chromium	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.8	0.0		0.7	0.2	
Lead	D-6595	PPM	0.4	0.0		0.8	0.0		1.2	2.9	
Copper	D-6595	PPM	158.6 A	6.1 A		196.6 A	3.4 C		146.3 A	4.9 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	1.6	
Aluminum	D-6595	PPM	1.5	0.0		1.7	0.0		1.7	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.2	0.0		0.4	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.1	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.2 A			12.3 A			12.4 A		
Oxidation	FTIR	Abs	12.3			12.2			11.9		
Nitration	FTIR	Abs	7.2			7.1			7.1		
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.17 C			3.15 C			3.20 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	8.2			8.4			8.9		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.048			0.050			0.046		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.50			0.48			0.50		
Sodium	D-6595	PPM	6			6			6		
Silicon	D-6595	PPM	3.2	0.5		3.3	0.0		3.5	0.5	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	6			6			7		
Magnesium	D-6595	PPM	17			15			15		
Calcium	D-6595	PPM	3338			3284			3346		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1112			1148			1152		
Zinc	D-6595	PPM	1276	98		1320	43		1326	117	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)
U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level
Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-89 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 0 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 3

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3445 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample	Previous Sample
			Wear: N, Oil: N, Cont.: N	
FocusLab ID			74721	
Date sampled			09-May-07	
Hours on Oil			0 kms	
Hours on Unit			406942 kms	
Bottle ID			865159	
Wear Condition				
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse
Iron	D-6595	PPM	3.9	2.7
Chromium	D-6595	PPM	0.0	0.7
Lead	D-6595	PPM	0.0	0.0
Copper	D-6595	PPM	0.1	0.0
Tin	D-6595	PPM	0.0	7.8
Aluminum	D-6595	PPM	1.8	0.0
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.3
Oil Condition				
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt		
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.4	
Oxidation	FTIR	Abs	9.7	
Nitration	FTIR	Abs	5.0	
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.47	
TBN	D-4739	mg KOH/g.	12.4	
Contamination				
Water	FTIR	% (Wt.)	0.058	
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.30	
Glycol	FTIR	Abs	0	
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.40	
Sodium	D-6595	PPM	14	
Silicon	D-6595	PPM	6.0	3.4
Additive Element				
Boron	D-6595	PPM	16	
Magnesium	D-6595	PPM	21	
Calcium	D-6595	PPM	3799	
Barium	D-6595	PPM	0	
Phosphorus	D-6595	PPM	1194	
Zinc	D-6595	PPM	1415	510
Additional Test				
Flash Point	D-3828	°C		
Viscosity Index	D-2270			
Other				

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine L-Action	RDE fine L-Caution	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-90 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 986 ถึง 3181 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

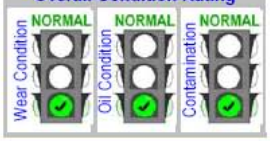
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3445 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	N	N
FocusLab ID			75212			75092			74931		
Date sampled			17-May-07			15-May-07			12-May-07		
Hours on Oil			3181 kms			2206 kms			986 kms		
Hours on Unit			410123 kms			409148 kms			407928 kms		
Bottle ID			865172			865168			865163		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	4.3	4.0		3.8	0.0		3.8	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	0.5	0.6		0.4	0.0		0.5	0.0	
Lead	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.2	0.0		0.8	0.0	
Copper	D-6595	PPM	0.5	0.3		0.4	0.0		0.3	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	4.1		0.0	0.0		0.0	8.1	
Aluminum	D-6595	PPM	3.4	0.0		3.4	0.0		3.3	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.6	0.0		0.6	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.9			14.2			14.2		
Oxidation	FTIR	Abs	10.0			9.4			9.4		
Nitration	FTIR	Abs	6.1			5.7			5.3		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.43			2.62			2.65		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.5			11.0			10.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.045			0.045			0.044		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20			0.20			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.50			0.49			0.47		
Sodium	D-6595	PPM	16			17			15		
Silicon	D-6595	PPM	2.4	0.6		2.7	0.0		2.6	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	12			13			14		
Magnesium	D-6595	PPM	15			15			15		
Calcium	D-6595	PPM	3732			3904			3778		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1286			1210			1187		
Zinc	D-6595	PPM	1390	330		1453	113		1438	670	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil			U-Caution	U-Action
0.053			>0.15	>0.46
0.00			>3	>5
0.00			>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil				
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-91 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 4632 ถึง 6611 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3445 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

All wear conditions and wear tests appear in normal working range.
All oil conditions and oil tests appear in normal working range.
All contaminant conditions and contaminant levels appear in normal ranges.
No oil change recommended at this time, oil appears suitable for further use. Continue routine sampling interval.

WC / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	N	N	N	C	N
FocusLab ID			75730			75533			75352		
Date sampled			26-May-07			22-May-07			20-May-07		
Hours on Oil			6611 kms			5603 kms			4632 kms		
Hours on Unit			413553 kms			412545 kms			411574 kms		
Bottle ID			865187			865182			865178		
Wear Condition											
Wear Element	**Method**	**Unit**	**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**		**RDE fine**	**RFS coarse**	
Iron	D-6595	PPM	5.1	0.0		4.6	2.2		4.7	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	1.1	0.0		0.8	1.7		0.8	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.8	0.0		1.2	4.5		1.3	0.0	
Copper	D-6595	PPM	0.7	0.1		0.6	0.2		0.5	0.0	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.5		0.0	7.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	3.6	0.0		3.8	0.8		3.7	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.4	2.0 A		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.1	0.1		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	1.4	0.0		0.7	4.1		0.7	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.8		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.2			13.4 C			13.5 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.2			10.0			10.0		
Nitration	FTIR	Abs	6.8			6.5			6.4		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.24			2.41			2.77		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	10.3			10.5			10.5		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.049			0.045			0.042		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.20			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.52			0.52			0.52		
Sodium	D-6595	PPM	17			17			14		
Silicon	D-6595	PPM	3.1	0.0		2.7	3.8		3.0	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	11			11			12		
Magnesium	D-6595	PPM	15			15			15		
Calcium	D-6595	PPM	3635			3767			3623		
Barium	D-6595	PPM	7			0			1		
Phosphorus	D-6595	PPM	1300			1224			1285		
Zinc	D-6595	PPM	1336	415		1387	187		1384	98	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-92 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 7585 ถึง 10518 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3445 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Wear Condition	Oil Condition	Contamination
NORMAL	NORMAL	NORMAL

Recommendations and Notes

Note some test values are near to the Alarm Limits, or slightly over the Alarm Limits, but are not considered serious at this time.
All other wear tests and oil condition tests appear satisfactory, and the oil was still serviceable at the time of sampling.
Continue routine sampling interval.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			N	N	N	N	C	N	N	C	N
FocusLab ID			76485			76354			76057		
Date sampled			12-Jun-07			09-Jun-07			02-Jun-07		
Hours on Oil			10518 kms			9030 kms			7585 kms		
Hours on Unit			417460 kms			415972 kms			414527 kms		
Bottle ID			866214			866209			866202		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	6.2	1.6		5.5	2.0		5.3	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	1.1	1.1		1.0	0.0		1.2	0.3	
Lead	D-6595	PPM	0.5	3.5		1.0	0.0		1.2	0.0	
Copper	D-6595	PPM	2.8	0.2		1.0	0.1		0.9	0.1	
Tin	D-6595	PPM	0.0	3.6		0.0	0.0		0.0	1.3	
Aluminum	D-6595	PPM	3.2	0.0		3.3	0.0		3.5	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.5	0.0		0.4	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.5	0.0		1.0	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.2	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.0 C			13.2 C			13.3 C		
Oxidation	FTIR	Abs	10.5			10.3			10.2		
Nitration	FTIR	Abs	7.1			7.0			6.8		
TAN	D-974	mg KOH/g	2.71			2.59			3.32 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g	10.0			10.4			10.4		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.047			0.046			0.045		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.47			0.48			0.50		
Sodium	D-6595	PPM	18			17			18		
Silicon	D-6595	PPM	3.3	0.9		4.3	1.7		3.1	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	10			9			11		
Magnesium	D-6595	PPM	16			14			16		
Calcium	D-6595	PPM	3719			3583			3547		
Barium	D-6595	PPM	0			0			1		
Phosphorus	D-6595	PPM	1163			1079			1223		
Zinc	D-6595	PPM	1344	190		1326	156		1309	298	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

RDE fine	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11		
0 >20	>30 >15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level
L-Caution : Lower CAUTION Level
L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied
No warranty is expressed or implied for this report

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-93 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 12040 ถึง 13997 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck ™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3445 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note viscosity is lower than normal limits.
Note abnormal copper detected.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.
Recommend short sampling intervals of this sample point to monitor the abnormal conditions.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample Wear	Current Sample Oil	Current Sample Cont.	Previous Sample Wear	Previous Sample Oil	Previous Sample Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	C	N	A	N	N	C	N	N
FocusLab ID			76970			76813			76812		
Date sampled			21-Jun-07			18-Jun-07			16-Jun-07		
Hours on Oil			13997 kms			13003 kms			12040 kms		
Hours on Unit			420939 kms			419945 kms			418982 kms		
Bottle ID			866232			866229			866223		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	6.4	0.0		5.2	1.1		5.3	2.0	
Chromium	D-6595	PPM	1.2	0.0		1.2	0.4		1.4	0.6	
Lead	D-6595	PPM	1.0	0.0		1.2	0.0		1.6	0.0	
Copper	D-6595	PPM	243.1 A	37.1 A		70.4 A	5.1 A		23.6 A	1.9	
Tin	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	3.3		0.0	3.3	
Aluminum	D-6595	PPM	3.0	0.0		2.7	0.0		3.0	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.1	0.0		0.2	0.0		0.6	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.4	0.0		0.7	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	12.8 A			12.9 C			12.9 C		
Oxidation	FTIR	Abs	11.3			10.8			11.0		
Nitration	FTIR	Abs	7.3			7.1			7.3		
TAN	D-974	mg KOH/g.	2.95			2.97			2.86		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	9.1			9.6			9.8		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.052			0.049			0.049		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.50			0.48			0.47		
Sodium	D-6595	PPM	20			21			20		
Silicon	D-6595	PPM	4.3	0.0		2.9	2.5		3.5	3.7	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	8			8			9		
Magnesium	D-6595	PPM	16			14			14		
Calcium	D-6595	PPM	3888			3513			3485		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1080			1077			1060		
Zinc	D-6595	PPM	1433	322		1308	191		1337	199	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) : Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-94 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 14983 ถึง 16924 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3445 Eng

Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating

Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Note TAN is above Alarm Limits.
Recommend check for other abnormal operating parameters, i.e., vibration, noise, heat etc. If abnormal condition exists, please inform laboratory with next sample.

AS / Andy Sitton

Condition History	Test Method	Result	Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	A	N	A	A	N	A	C	N
FocusLab ID			77832			77690			77487		
Date sampled			05-Jul-07			03-Jul-07			01-Jul-07		
Hours on Oil			16924 kms			16000 kms			14983 kms		
Hours on Unit			423866 kms			422942 kms			421925 kms		
Bottle ID			866254			866251			866248		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	7.0	1.5		6.4	0.0		5.6	0.0	
Chromium	D-6595	PPM	1.7	0.8		1.5	0.0		1.1	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.7	2.1		1.6	0.0		0.7	0.0	
Copper	D-6595	PPM	440.8 A	13.5 A		326.8 A	13.9 A		319.0 A	10.2 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	1.7		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	3.0	0.0		2.8	0.0		2.5	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.2	0.0		0.5	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.1	0.0		0.0	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.7	0.0		0.6	0.0		0.1	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	13.7			13.3 C			12.8 A		
Oxidation	FTIR	Abs	12.2			12.0			10.4		
Nitration	FTIR	Abs	7.5			7.4			6.5		
TAN	D-974	mg KOH/g.	4.82 A			4.82 A			3.51 C		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	6.8			8.4			8.5		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.052			0.048			0.042		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.20			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.65			0.59			0.52		
Sodium	D-6595	PPM	19			19			21		
Silicon	D-6595	PPM	3.2	1.4		2.6	0.0		3.1	0.0	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	6			7			7		
Magnesium	D-6595	PPM	15			15			14		
Calcium	D-6595	PPM	3485			3871			3626		
Barium	D-6595	PPM	0			0			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1168			1153			1027		
Zinc	D-6595	PPM	1366	116		1435	128		1312	96	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil
14
17
3637
0
1132
1311

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or C : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level L-Caution : Lower CAUTION Level
First level warning limit in Upper level and/or Lower level
U-Action : Upper ACTION required Level L-Action : Lower ACTION required Level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8567
Email : focuslab@focuslab.co.th

รูปที่ ง-95 แสดงใบรายงานผลการทดสอบน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ในรถหัวลาก 70-3445 ที่ใช้น้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซธรรมชาติในช่วงระยะทาง 18162 ถึง 20399 กิโลเมตร

FOCUS LABORATORIES LTD.

LubeCheck™ - Oil Analysis for Predictive Maintenance

Page 1 of 5

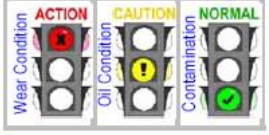
Customer Code : 18004
Customer Name : ICE R&D LAB
Address : Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Bangkok

Test code : 804 907 914

Lube System Capacity : 28 Liters

Unit ID Number : 70 3445 Eng
Unit Type : Engine NGV Compression
Unit Make : HINO
Unit Model : P11C
Oil type / Viscosity : SHELL RIMULA X 15W-40
Site Name : NGV DDF Project
Location :

Overall Condition Rating



Recommendations and Notes

Note abnormal copper detected.
Oil condition tests indicate that the oil is slightly degraded.
Nitration may indicate cylinder blow-by.
Recommend change oil and flush system with clean oil, if the oil from this sample is still in use in this component.

AS / Andy Sitton

Condition History			Current Sample			Previous Sample					
			Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.	Wear	Oil	Cont.
			A	c	N	A	A	N	A	A	N
FocusLab ID	Test Method	Result	78331			78165			77897		
Date sampled			14-Jul-07			12-Jul-07			08-Jul-07		
Hours on Oil			20399 kms			19432 kms			18162 kms		
Hours on Unit			427341 kms			426374 kms			425104 kms		
Bottle ID			868157			868156			866257		
Wear Condition											
Wear Element	Method	Unit	RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse		RDE fine	RFS coarse	
Iron	D-6595	PPM	8.1	2.5		7.9	0.9		7.5	1.0	
Chromium	D-6595	PPM	1.9	0.9		1.6	0.1		1.6	0.0	
Lead	D-6595	PPM	1.4	2.7		1.1	0.0		1.4	0.7	
Copper	D-6595	PPM	301.4 A	26.3 A		399.6 A	22.1 A		468.3 A	15.1 A	
Tin	D-6595	PPM	0.0	1.4		0.0	0.0		0.0	0.0	
Aluminum	D-6595	PPM	3.5	0.0		3.1	0.0		3.5	0.0	
Nickel	D-6595	PPM	0.3	0.0		0.3	0.0		0.2	0.0	
Silver	D-6595	PPM	0.0	0.0		0.0	0.0		0.1	0.0	
Molybdenum	D-6595	PPM	0.5	0.0		0.6	0.0		0.3	0.0	
Titanium	D-6595	PPM	0.0	0.1		0.0	0.0		0.0	0.1	
Oil Condition											
Viscosity @ 40 °C	D-445	cSt									
Viscosity @ 100 °C	D-445	cSt	14.1			14.6			14.3		
Oxidation	FTIR	Abs	12.8			12.7			12.4		
Nitration	FTIR	Abs	7.6 C			7.7 C			7.4		
TAN	D-974	mg KOH/g.	3.48 C			3.70 A			4.59 A		
TBN	D-4739	mg KOH/g.	7.1			7.1			6.4		
Contamination											
Water	FTIR	% (Wt.)	0.050			0.051			0.046		
Fuel	SAW	% (Wt.)	0.10			0.10			0.10		
Glycol	FTIR	Abs	0			0			0		
Soot	FTIR	% (Wt.)	0.84			0.81			1.00		
Sodium	D-6595	PPM	23			21			19		
Silicon	D-6595	PPM	3.9	1.2		2.9	0.0		4.0	0.2	
Additive Element											
Boron	D-6595	PPM	5			5			6		
Magnesium	D-6595	PPM	15			14			15		
Calcium	D-6595	PPM	3814			3828			3586		
Barium	D-6595	PPM	0			5			0		
Phosphorus	D-6595	PPM	1146			1260			1181		
Zinc	D-6595	PPM	1256	163		1325	140		1407	99	
Additional Test											
Flash Point	D-3828	°C									
Viscosity Index	D-2270										
Other											

Alarm Limit Range

Limit Name (Equipment / Oil) :
Engine NGV Hino Rimula X 15W40 (ICE)

New Oil	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
0	>65	>105	>45	>80
0	>10	>15	>7	>13
0	>10	>20	>7	>13
0	>7	>12	>2	>4
0	>1	>2	>12	>22
0	>12	>18	>13	>25
0	>1	>2	>1	>2
0				
0				
0				

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14.3	<12.9	<13.6	>15	>15.7
12.1			>15.1	>18.2
6.1			>7.6	>9.2
2.47			>3.1	>3.7
14.0	<2	<4		

New Oil	U-Caution	U-Action
0.053	>0.15	>0.46
0.00	>3	>5
0.00	>1.4	>2.2

	RDE fine U-Caution	RDE fine U-Action	RFS coarse U-Caution	RFS coarse U-Action
11				
0	>20	>30	>15	>25

New Oil	L-Action	L-Caution	U-Caution	U-Action
14				
17				
3637				
0				
1132				
1311				

Note: Alarm Limits are variable and dependent upon dataset size and to be used as general guideline.
No Sign or N : NORMAL , C or c : CAUTION (first level warning limit) , A or A : ACTION required (second level warning limit)

U-Caution : Upper CAUTION Level
U-Action : Upper ACTION required Level
L-Caution : Lower CAUTION Level
L-Action : Lower ACTION required Level

First level warning limit in Upper level and/or Lower level
Second level warning limit in Upper level and/or Lower level

Accuracy of interpretation and recommendation are based on representatives sample and information supplied.
No warranty is expressed or implied for this report.

9 Fl., Thosapol Land 4 Bldg., 947/39 Bangna-Trad Rd., KM.3, Bangna, Bangkok 10260, Thailand
http://www.focuslab.co.th
Tel : (662) 361 8600-3 Fax : (662) 361 8587
Email : focuslab@focuslab.co.th

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพงศธร บวรสิน เกิดเมื่อวันที่ 10 เดือน กันยายน พุทธศักราช 2526 ที่ โรงพยาบาลวิชัยยุทธ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ เมื่อปีการศึกษา 2547 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย