

## Nationellt Samverkansprojekt Biogas i Fordon



### **Konvertering av lastbil till biogasdrift med dual-fuel teknik**

610415

*ISSN 1651-5501*

Projektet delfinansieras av Energimyndigheten

## Slutrapport Biogasprojektet: 610414 STEM- projekt: 22094-1

### Konvertering av lastbil till biogasdrift med dual fuel – teknik.



Scania 93 konverterad till dual-fuel.

### **Sammanfattning.**

En av Trollhättans Stads vanliga lastbilar för snöröjning och grustransporter har konverterats med utrustning för biogasdrift samtidigt med befintlig dieseldrift.

Konverteringen har lyckats bra. Bilen är numera tillbaka i sitt dagliga arbete på produktionsavdelningen och fungerar över förväntan.

Via en strömställare kan chauffören välja att köra enbart på diesel eller köra på gas+diesel. Han föredrar att köra i dual-fuelläge.

Projektet har drivits under tidsnöd. Detta medförde att bilen inte var helt klar när den skulle avgastestas. Ändringar och kompletteringar har gjorts på bilen efter testet, under tiden fram tom mars 2005. På grund av justeringar och ändringar har provdrift med mätningar av bränsleförbrukning bara skett under april 2005. Förlängning av projektiden hade beviljats fram till och med april med syfte att montera katalysator och montera gasventil samt att därefter göra förnyad avgastest. Denna utökning av projektet kunde inte genomföras eftersom finansieringen inte kunde lösas och tiden blev för kort.

Kostnaderna blev avsevärt högre eftersom bilen inte var helt klar vid leverans efter konverteringen. Efterjusteringar har måst göras vid upprepade tillfällen.

Bilens prestanda har förbättrats något. I ett skede var den för högt inställd på gas och effektökningen var så stor att den riskerade skada transmissionen. Motorn trimmades senare ned så att den idag har en effekt som ligger strax över den ursprungliga effekten hos dieselmotorn. Chauffören tycker att det är mer drag i motorn med gasdriften påkopplad.

Bilen avgastestades omgående efter inmontering av konverteringssatsen. Resultaten blev blandade inte minst beroende på att bilen inte var färdigt injusterad. Resultaten se bifogade testrapport.

Under delar av april har mätningar gjorts på förbrukningen av diesel och gas. Bilen förbrukade 1.45 l diesel/ 10 km samtidigt som den drog i snitt 2,84 Nm<sup>3</sup> biogas/10 km. Fördelningen mellan diesel och gas blev 66% respektive 34%, med hänsyn tagen till energiinnehållet. Slutsatsen är att fördelningen ligger inom det förväntade intervallet, men att mätperioden är alldeles för kort. Dessutom går fordonet i stadstrafik vilket ger högre andel diesel än vid långkörning med full last.

Med en inblandning av ca 70% biogas till ca 30% diesel öppnar detta en möjlighet för tyngre fordon, lastbilar, bussar och även andra dieselmotorer att minska andelen fossil bränsle med ca 70% via dual-fueltekniken. Trollhättans kommun har med sina goda erfarenheter av projektet planer på att konvertera ytterligare en lastbil.

**Summary.**

A lorry belonging to the City of Trollhättan has been successfully converted to enable it to run with biogas as well as diesel. The lorry is now in use and its performance is exceeding expectations.

The driver appreciates the dual fuel technique and finds the engine more powerful than a conventional diesel engine. The driver can switch between driving with gas and diesel or solely with diesel. However, he prefers driving in the dual-fuel position.

The lorry was tested for exhaust pollution immediately after conversion. The results (see attached report) were mixed, mostly because the vehicle was not yet properly adjusted.

Emissions should be lower than for conventional diesel engines, which may be especially advantageous if old diesel engines with relatively high emissions are converted to biogas.

A new test of pollutant emissions should give much better results, since a catalyser had not been installed when the first test was performed. In addition, a valve has now been installed that switches off the gas supply when the gas pedal is released, which prevents methane escaping through the engine without being combusted.

Applying the dual-fuel technique (with 70% biogas and 30% diesel) to heavy vehicles such as lorries and buses can reduce the use of fossil fuel by 70%.

**Bakgrund.**

Tunga gasfordon som säljs i Sverige idag har ottomotorer av typen s.k. magerluft, dvs. de körs med ett luftöverskott,  $\lambda > 1,6$ . De är också av typen mono-fuel, det vill säga de kan enbart köras på gas. Detta kan i vissa fall vara en nackdel, då förekomsten av tankställen är begränsad på flera håll i landet. Dual-fuel är en alternativ motorteknik, som möjliggör drift simultant gas och diesel i tunga fordon.

Att få in fordon av denna typ på den svenska marknaden kan vara en viktig länk för att nå nya användare inom den tunga fordonssektor som kör mer långväga trafik. De tunga gasfordon som används i Sverige idag är framförallt bussar för lokaltrafik och sopbilar i stadsmiljö. Nya användare medför mer användning av gas, vilket i sin tur kan resultera i bättre infrastruktur för biogasen.

I Sverige finns just nu en lantbrukstraktor som konverterats till dual fuel-teknik på Öknaskolan i Tystberga, utanför Nynäshamn. Denna traktor har inte någon längre driftperiod bakom sig med biogas. I Sverige behövdes ett praktiskt exempel där man visar på att dual-fuel tekniken fungerar inom transportsektorn.

Trollhättans kommun, som varit en av pionjärerna beträffande biogas som drivmedel, har konverterat en lastbil av typ Scania 93 till dual-fuel. Ett bränslesystem för trycksatt biogas samt motorstyrning och övrig utrustning för drift med dual fuel-teknik har installerats i en lastbil.

Vid dual-fuel används båda bränslena samtidigt, vilket är en stor skillnad mot bi-fuel motorer som använder ett bränsle i taget. I dual-fuel motorer används diesel för antändning av gasen, detta medför att fordonet körs på cirka 70 - 80 % gas och 20 - 30 % diesel. Då motorn fortfarande arbetar med dieselcykel har den högre verkningsgrad än konventionella gasmotorer som arbetar med ottocykel. Dual-fuel motorn kan även köras enbart på diesel. Emissionerna från dual-fuelmotorn är normalt lägre än för en konventionell dieselmotor, i huvudsak gällande utsläpp av kväveoxider och partiklar. Med biogastillskott reduceras koldioxidutsläppen samtidigt som man reducerar beroendet av diesellojla.

Den metod som tillämpades i detta fall är montage av ett styrsystem, av fabrikat Tartirini, som varit på marknaden i flera år och som tillåter att dieselmotorn matas med mellan 20 och 30 % diesellojla.

Styrsystemet hämtar signaler från fordonets ordinarie styrsystem. Vid mappningen justerades luftmängden upp för att reducera HC-emissioner. NO<sub>x</sub>-värdena är normalt lägre än med enbart diesel.

Inga ingrepp har gjorts i själva motorn förutom att montera en blandare i tilluftströret. Eftersom motorn skall kunna skifta mellan 100 % diesellojla till drift med biogas till 70 - 75 % är det viktigt att motorns ordinarie spridare kan arbeta med tillräckligt mycket olja så att god spridning och förbränning erhålles.

### **Syfte.**

Syftet var att installera ett bränslesystem med trycksatt biogas samt motorstyrning och övrig utrustning för drift med dual fuel-teknik. Fordonet skulle därefter emissionstestas hos AVL-MTC i Jordbro. Därefter skulle praktisk provdrift genomföras i Trollhättan för utvärdering.

### **Genomförande.**

Trollhättans Stads lastbil Scania 93, årsmodell 1988, kördes till MGN i Luleå för att en konverteringssats, typ G3 för insprutningsmotorer, skulle monteras. Satsen består av trottelhus, gasmixer, tryckregulator, gastank samt styrsystem med övervakning. Arbetet fick göras under stor tidspress då beslutet från STEM är från 04 10 19 och lastbilen skulle vara tillbaka i produktion till 04 12 01, då snöröjningen skall vara beredd på arbete.



Konverterings sats G3

Efter montering av konverterinsatsen kördes bilen till ALV-MTC i Jordbro för avgastester. Testen visade att det provade dual fuel systemet har potential att minska NOx och particklar men att systemet ej är färdiganpassat. Provresultaten varierade från prov till prov samt gav generellt en ökning av HC och CO. Denna ökning av HC och CO var till viss del förväntad eftersom detta fordon inte hade någon katalysator monterad vid provtillfället. Partickelnivån varierade mellan proven och uppvisade en tydlig minskning vid ett provtillfälle medan övriga provresultat uppvisade ökning. Nox nivån minskade under alla prov med 10 –13 %.

Anmärkning: Testet gjordes med flera försvårande faktorer. Dels fick MGN justera inställningarna mellan testningarna och de inbördes resultaten blir svårjämförliga. Dels hade en slang till gassystemets tryckgivare lossnat någon gång under de tre testerna med gas. Något som kan bidra till höga emissioner. Dessutom borde testerna repeteras flera gånger för att mätresultatet skall vara pålitligt.

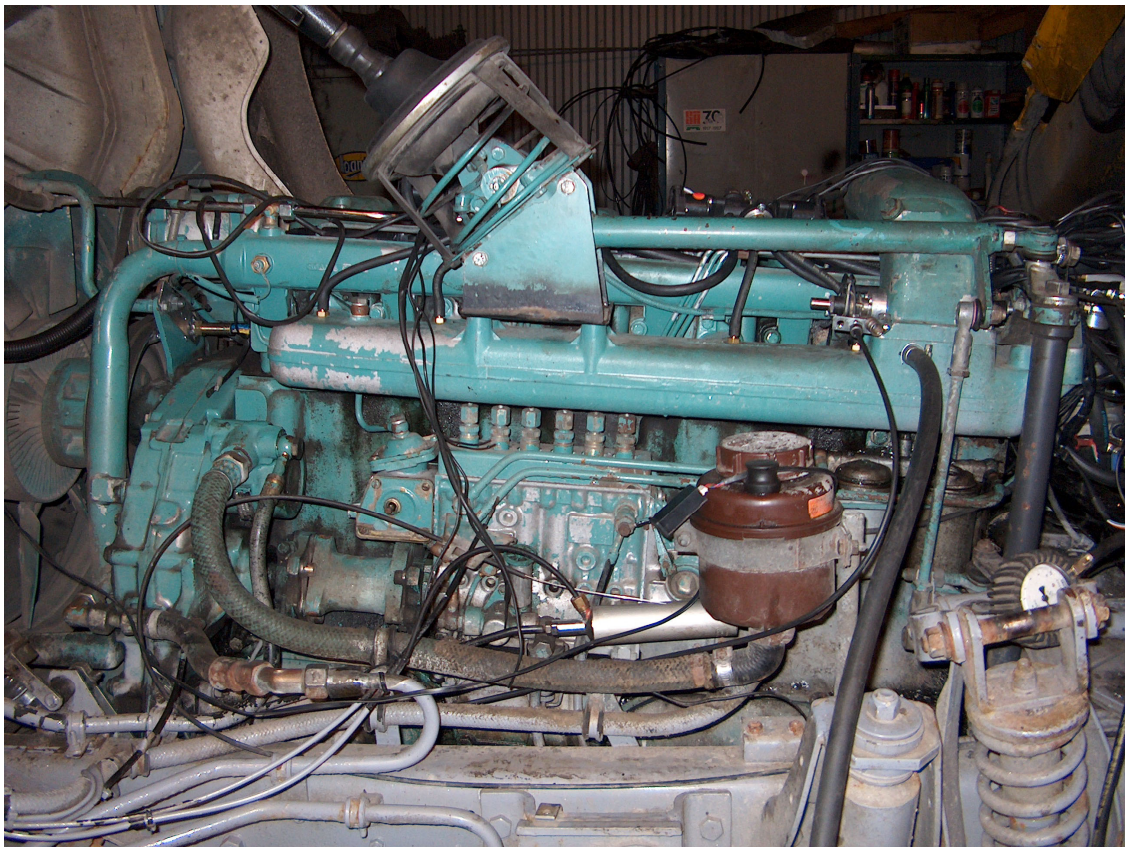
Sedan bilen återkommit till Trollhättan gjordes justering av systemet. Bilen gick ändå inte bra. Det visades sig att packningen till insugningsröret läckte. Gaspedalen hade ett alltför stort motstånd. Det var ansträngande att köra bilen. Föraren ansåg att den gick slött på vissa varvtal. Det var också för liten volym på gastanken. Ytterligare en gastank monterades. En stoppventil för gas installerades som stänger gasflödet när man lättar på gaspedalen detta för att minska genomströmningen av oförbränd metan. Alla dessa åtgärder vidtogs och effekten skruvades upp. Resultatet blev att bilen gick med för stor effekt. Risk fanns att transmission och växellåda skulle skadas. Motorn trimmades då ned så att den idag har en effekt som ligger strax över den ursprungliga effekten hos dieselmotorn. Ovan nämnda justeringar och ombyggnader har tagit tid. Installatören har måst resa från Luleå till Trollhättan upprepade gånger. Chauffören som medverkat i dessa förändringar är nu nöjd med bilen. Han tycker att den har bättre drag än i dieseldrift. Han vill enbart köra på dual-fuelläge.



Två gasflaskor a 72 liter



Under delar av april har mätningar gjorts på förbrukningen av diesel och gas. Enligt journalerna förbrukade bilen 1.45 l diesel/10 km samtidigt som den drog i snitt 2,84 Nm<sup>3</sup> biogas/10 km. Fördelningen mellan diesel och gas blev 66% respektive 34%, med hänsyn tagen till energiinnehållet. Slutsatsen är att fördelningen ligger inom det förväntade intervallet, men att mätperioden är alldeles för kort.



Montering av konverteringssats pågår.

### **Slutsatser.**

Projektet blev mycket lyckat med hänsyn till att ombyggnaden till dual-fuelteknik fungerar i daglig bruk och är uppskattat av chauffören.

Emissionerna torde i allt väsentligt överträffa dieselmotorn. Samtidigt som konvertering kan ske på dieselmotorer som inte är helt nya och med mindre goda emissioner.

De avgastester som gjordes skulle vid en förnyad test ge betydligt bättre resultat, beroende på att katalysator inte var monterad under testet. Gasventil för avstängning av gasen när gaspedalen släpps upp, är nu monterad och förhindrar att metan går oförbränd genom motorn.

Med en inblandning av ca 70% biogas till ca 30% diesel öppnar detta en möjlighet för tyngre fordon, lastbilar, bussar och andra dieselinstallationer att minska andelen fossil bränsle med ca 70% via dual-fueltekniken. Vid fortsatt optimering finns goda möjligheter att nå ännu bättre resultat.

# PROVRAPPORT

*Mätning av emissioner från en Scania P93HL4x2 konverterad till "dual-fuel"-drift (diesel/biogas).*

*Uppdrag för Trollhättans kommuns Tekniska förvaltning.*

*December 2004*

*AVL MTC*

*Anders Hedbom*



*PAU123/04-B*

*AVL MTC projekt 8030 406*



## ***Sammanfattning***

Resultaten visar att det provade dual fuel systemet (gas-Diesel) har potential att minska NO<sub>x</sub> och partiklar men att systemet ej är färdiganpassat. Provresultaten varierade från prov till prov samt gav generellt en ökning av HC, CO och partiklar. Endast vid ett prov uppvisades en minskning av partikel nivån. Ökningen av HC och CO var till vis del förväntad eftersom detta fordon inte hade någon katalysator monterad vid provtillfället. Ytterligare anpassning rekommenderas för att utreda potentialen i systemet.

## ***Uppdragets syfte***

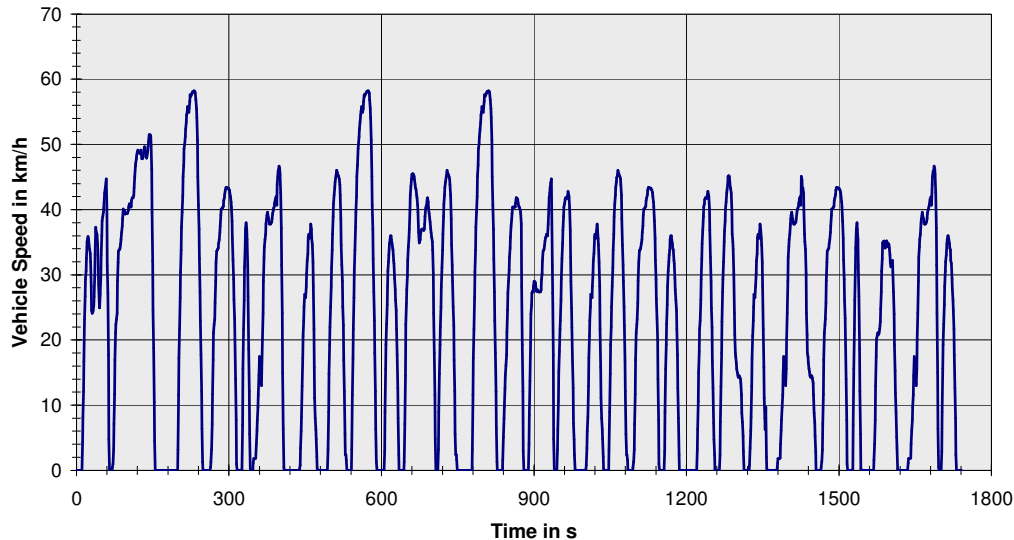
Uppdraget syftar till att mäta emissioner från ett tungt fordon med dieselmotor som konverterats till kombinerad diesel och gasdrift. Fordonet har konverterats genom uppdragsgivarens försorg och har tillhandahållits AVL MTC.

## ***Provprogram***

Provprogrammet följer i fråga om körcykel och provomfattning det förfarande som skall utgöra underlag till godkännande av eftermonterbar avgasrening för användning i miljözoner.

- Två prover med motorn i utförande för enbart dieseldrift
- Två prover med motorns system för kombinerad diesel och gasdrift aktiverat

Proven genomförs med fordonet kört under transienta förhållanden på en chassidynamometer för tunga fordon där realistiska förhållanden för fordonets färdmotstånd och fordonsvikt kan simuleras. Den specifika körcykel som används vid provningen kallas "Busskörcykeln" eller "Braunschweig"-cykeln och består av "stop and go"-körning i 29 minuter enligt körkurvan nedan. Fordonet stannas under körcykeln totalt 29 gånger varefter fordonet åter accelereras upp till 58,2 km/h som högst, medelhastigheten för hela körprovet blir 22,4 km/h.



Vid provningarna anslöts fordonets avgassystem till provcellens CVS-utrustning och spädningstunnel för vidare halt- och flödesbestämning av avgaskomponenterna. Standardiserat förfarande användes vid mätningarna och de komponenter som mäts är de sk reglerade komponenterna dvs CO, HC, NO<sub>x</sub> samt partiklar. För kontroll, samt i detta fall för att kunna kalkylera total bränsleförbrukning, mäts också regelmässigt CO<sub>2</sub>.

Vidare anslöts mätsystem för bestämning av dieselbränsleflödet till motorn. Även en bredbandslambdasond monterades i avgassystemet samt anslöts till en ETAS lambdascanner för dynamisk kontroll av lambda.

## **Provobjekt**

Fordonet som konverterats var en standard Scania P93HL4x2 flakbil av 1988 års modell med registreringsnummer NLU 201. Motorn var en Scania DS9 05, dvs en turboöverladdad dieselmotor utan laddluftkylare med 185 kW (250 hk) maximal effekt. Konverteringen innebar bl a inkorporeringen av ett trottellhus, gasmixer, tryckregulatorer, gastank samt styrsystem med övervakning.

Vid provningen simulerades en fordonvikt på 15,2 ton. Mätarställningen för fordonet var vid provtillfället 379 000 km.

## **Provbränslen**

Provprogrammet genomfördes med standard MK1 handelsdieselbränsle samt med kommersiell biogas levererad från Stockholm Vattens gasanläggning i Bromma.

## Provresultat

### Drift med enbart dieselbränsle

Följande resultat erhöles vid de inledande två proven med enbart dieselloja som bränsle (base line):

Prov id	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	partiklar	Mätt diesel-förbrukning	Kalkylerad dieselförbrukning	Kalkylerad energiförbrukning
	g/km							MJ/km
2106	6,74	0,66	16,38	1263	0,81	402,1	402,1	17,29
2107	6,65	0,62	15,87	1247	0,85	395,7	396,9	17,07
Diff %	-1%	-6%	-3%	-1%	+5%	-2%	-1%	-1%
medel	6,69	0,64	16,13	1255	0,83	398,9	399,5	17,18

De uppmätta emissionsnivåerna för respektive komponenter bedömdes vara rimliga för motortypen ifråga. De 3 kolumnerna till höger avseende förbrukning är baserade på i tur och ordning: uppmätt förbrukning med utrustning för flödesmätning; kalkylerad förbrukning utgående från uppmätta kolinnehållande komponenter i avgaserna samt antagande att bränslet håller ett molförhållande H/C på 1,85 (kolbalansmetoden); kalkylerad dieselförbrukning omräknad i energiekvivalenter baserat på energivärdet 43 MJ/kg dieselbränsle. Överensstämmelsen mellan uppmätt och beräknad dieselförbrukning är som synes mycket god vilket innebär att de två metoderna tillsammans kan användas vid proven med kombinerad diesel- och gasdrift för att beräkna mängden förbrukad gas.

Den tredje raden anger skillnaden i resultat för resp komponent i jämförelse mellan prov två (id 2107) och prov ett (id 2106). Sista raden anger medelvärdet för de två proven med enbart dieseldrift.

### Drift med kombination av diesel- och biogasbränsle

Dual fuel-systemet aktiverades för kombinerad drift med dieselbränsle och biogas. Gasförsörjningen skedde via ett fast distributionssystem för gas som håller ett tryck på 25-30 bar och kopplades in parallellt med befintlig tank på fordonet.

Vid det första provet med gas (id 2108) uppvisades mycket höga halter av CO, HC och partiklar. CO-värdet ökade med 430% , HC-värdet med 6800% och partikelnivån med 250% i jämförelse med ren dieseldrift. NO<sub>x</sub> respektive CO<sub>2</sub> nivåerna minskade med 10 och 5 %. Förvånande var också att den uppmätta dieselförbrukningen under körcykeln bara hade minskat med 25 % i jämförelse med proven med ren dieseldrift. I tabellen ingår också kalkylerad gasförbrukning. Denna har beräknats genom att den CO<sub>2</sub>-mängd i avgaserna som motsvarar fullständig förbränning av den uppmätta dieselförbrukningen vid provet har subtraherats från den totala mängden kolinnehållande komponenterna i avgaserna. Med ledning av biogasens kolinnehåll 0,712 %wt kan sedan massa biogas beräknas. Vid provet 2108

har alltså åtgått 299 g/km diesel och 168 g/km gas, tillsammans 467 g/km bränsle i jämförelse med 399 g/km vid ren dieseldrift.

Den totala energiförbrukningen vid kombinerad drift uppgår till 20,9 MJ/km jämfört med 17,2 för ren dieseldrift, således en ökning med 22 %.

Prov id	CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	partiklar	Mätt dieselförbrukning	Kalkylerad gasförbrukning	Kalkylerad energiförbrukning
	g/km							MJ/km
medel dieseldrift	6,69	0,64	16,13	1255	0,83	398,9	0	17,18
2108	35,5	44,0	14,49	1190	2,07	299,3	167,5	20,91
Diff %	+430%	+6800%	-10%	-5%	+150%	-25%		+22%
2109	8,84	40,8	14,07	1242	0,45	356,7	97,5	20,02
Diff %	+32%	+6300%	-13%	-1%	-45%	-11%		+17%
2110	14,7	39,4	14,70	1262	0,94	320,9	150,6	21,03
Diff %	+120%	+6000%	-9%	+1%	+14%	-20%		+22%

En representant för det företag som utfört motorkonverteringen, var närvarande vid provningstillfället och tilläts efter dessa första mätningar med systemet i drift att vidta korrigerande åtgärder i styrsystemet för att förbättra emissionsbilden hos systemet.

Vid provet 2109 som följde var motorns effekt lägre vilket troligen berodde på en magrare bränsle /luft blandning. Resultaten från detta prov visar en kraftig minskning av partikelnivån, en måttlig minskning av NO<sub>x</sub> men fortfarande höga HC-emissioner. Gasförbrukningen har minskat liksom total energiförbrukning i jämförelse med prov 2108.

På grund av effektbortfallet tilläts ytterligare justeringar av systemet.

Vid prov 2110 uppvisas förhöjda CO-utsläpp, höga HC-utsläpp, förhöjda partikelutsläpp samt en måttlig reduktion av NO<sub>x</sub>.

### **Slutsatser**

- Systemet uppvisade potential till minskade partikel emissioner (vid ett prov).
- Systemet uppvisade en minskning av NO<sub>x</sub> vid alla prov.
- Systemet uppvisade höga halter av HC och CO vilka troligtvis kan minskas med en katalysator.