
Rapport SGC 035

**HEMMATANKNING AV
NATURGASDRIVEN PERSONBIL
Demonstrationsprojekt**

Tove Ekeborg
Vattenfall Energisystem AB

Juni 1993



Rapport SGC 035
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--35--SE

Rapport SGC 035

**HEMMATANKNING AV
NATURGASDRIVEN PERSONBIL
Demonstrationsprojekt**

Tove Ekeborg

Vattenfall Energisystem AB

Juni 1993



SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat och dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Vattenfall Naturgas AB, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB och M.E.Malmö Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB

Jörgen Thunell

DEMONSTRATION AV HEMMATANKNING AV NATURGASDRIVEN PERSONBIL

SAMMANFATTNING

Intresset för att hitta alternativ till de traditionella drivmedlen diesel och bensin är idag stort. Ett intressant alternativt är naturgas, som ger möjlighet till betydligt bättre miljöprestanda än diesel och bensin. Ett av problemen med naturgasdrivna fordon är tillgången eller snarare bristen på tankningsstationer. En relativt ny, intressant tankningsmetod för naturgasdrivna personbilar är hemmatankning, d.v.s. att bilen tankas nattetid vid bostaden från en egen liten eldriven kompressorenhet. Metoden är både enkel och bekväm för användaren, som varje morgon kan sätta sig i en fulltankad bil.

Detta projektets målsättning är att genom demonstration under ett års tid hos lämplig bilägare erhålla kunskaper om hemmatankningsenhetens funktion under svenska förhållanden beträffande installation, körvanor och klimat. Erfarenheter från konvertering av en personbil till naturgasdrift ges också, även om resultaten från kompressorn anses primära.

Projektet påbörjades under våren 1990. Efter ungefär ett år med förberedelser med tillståndshandling, upphandling etc, startade testperioden i maj 1991. Projektet slutrapporterades i april 1993.

Projektet har utförts hos en privatperson. Allan Carlsson bor i en enplansvilla på Karlbergsvägen 21 i Varberg, och villan är ansluten till naturgasnätet. Allan har en Volvo 740 av 1988 års modell, som han använder dagligen i sitt arbete som arbetsledare i kommunen.

Hemmatankningsenheten som har inhandlats till detta projekt är en FuelMaker modell C3. Den består av elmotor, kompressor, kontrollsystem och avblåsningstank. I princip fungerar enheten enligt följande: Elmotorn driver kompressorn som komprimerar gas upp till 200 bars tryck direkt in i fordonets bränsletank. Anslutning till bilen görs via en ca 3 m lång smal slang. När 200 bars tryck uppnåtts stängs enheten av automatiskt och gasen i slangen (som alltså håller 200 bar) släpps ut i avblåsningstanken. Gastrycket i slangen reduceras därmed till bara några bars övertryck. Efter detta kan fyllningsmunstycket mot fordonet lossas och tankningen är klar.

Allan Carlssons bil konverterades till naturgasdrift av det holländska företaget Eurogas. Möjligheten att köra på bensin kvarstår. Naturgasutrustningen består av bränsletank, tryckregulator, gas-luftblandare, gasledning, fyllningsanordning, diverse ventiler, elektroniskt kontrollsystem.

Tillståndshandlingen i projektet var ganska omfattande. Både hemmatankningsenheten och konverteringen av personbilen var de första av sitt slag i Sverige, och läget var oklart beträffande regler och krav från olika myndigheter. Projektet försenades nästan ett år huvudsakligen beroende på tillståndsarbetet.

Projektet har som helhet givit ett lyckat resultat. Hemmatankningsenheten har fungerat mycket bra, och den kan utan tveksamhet rekommenderas för användning i andra projekt.

Bilen har fungerat bra men gasutrustningen, eller rättare sagt kontrollsystemet, håller inte måttet när det gäller att hålla gas-luftblandningen konstant på lambda-ett. Därmed fungerar inte katalysatorn optimalt hela tiden och emissionsbilden blir inte särskilt bra.

Användarna, Allan Carlsson och ägaren av tankningsenheten Varberg Energi, är nöjda med projektet och med hemmatankningskonceptet som sådant.

En ekonomisk analys visar att minst två bilar måste tanka vid samma hemmatankningsenhet om lönsamhet skall uppnås. Ekonomin går sannolikt inte runt för ett gasbolag vid installation av en hemmatankningsenhet för tankning av en bil.

Projektet avslutades i och med slutrapporteringen i april 1993, men driften kommer att fortgå. Allan Carlsson kommer alltså att fortsätta köra sin bil på naturgas och tanka bilen vid hemmatankningsenheten, medan Varberg Energi som äger och ansvarar för hemmatankningsenheten, avser låta Allan Carlsson fortsätta använda denna utan kostnad.

HOME REFUELLING OF A NATURAL GAS VEHICLE

SUMMARY

There is a large interest for alternative fuels today. One interesting alternative is natural gas, which gives potential for significantly reduced emissions compared to petrol and diesel oil. One of the problems with natural gas vehicles (NGV) is the limited access to refuelling stations. A quite new method for refuelling NGV's is home refuelling; the car is fuelled during the night by a separate small compressor unit installed next to the parking place. This method is both simple and convenient for the user.

The aim with this project is to receive knowledge of the function of the home refuelling appliance (HRA) in Swedish conditions concerning installation, driving habits and climate. This is done by testing a HRA during one year at normal conditions. The results from the HRA is considered as primary, but experience from the conversion of a private car to natural gas and the use of this car is also given.

The project started in early 1990. After one year of preparations with approvals, purchase of equipment etc. the testperiod began in May 1991. The final report was written in April 1993.

The project site is a private house. Allan Carlsson lives in a bungalow at Karlbergsvägen 21 in Varberg, and the bungalow is connected to the natural gas grid. Allan owns a Volvo 740, 1988 years model, and he uses the car daily in his work.

The HRA that has been used in the project is a FuelMaker C3. Its main parts are electric motor, compressor, control system and blow-down vessel. The compressor is driven by the electric motor and compresses the natural gas up to a pressure of 200 bars directly in to the vehicle fuel cylinder. A three meter long hose connects the HRA to the car. When the pressure in the fuel cylinder reaches 200 bars the HRA is automatically shut off. The gas in the hose (with a pressure of 200 bars) is then released into the blow-down vessel and the pressure goes down to a couple of bars. Finally the filling probe can be disconnected from the car and the refuelling is done.

Allan Carlssons car was converted to natural gas by the Dutch company Eurogas. The possibility to drive on petrol remains. The natural gas equipments are fuel cylinder, pressure regulator, fuel-air mixer, gas pipes, filling connections, valves, electronic control system.

The procedure for approvals was quite extensive in the project. Both the HRA and the converted natural gas car were the first of their kind in Sweden, and it was difficult to find relevant requirements from the authorities. The project was almost one year delayed mainly due to the approvals.

The results of the project are good. The HRA has worked very well and it can with no doubt be recommended to other projects. The car has functioned well, but the electronic control system was not good enough when it comes to keeping the fuel-air mixture on constant lambda one. That means that the catalyst has not worked at its optimum all the time, and the emissions are not as low as expected.

The users, Allan Carlsson and Varberg Energi (owner of the HRA), are pleased with the project and with the home refuelling concept. An economic analysis shows that minimum two cars must share one HRA to obtain profitability.

The project was completed with the final report in April 1993, but Allan Carlsson will continue to drive on natural gas and use the HRA for refuelling. Varberg Energi owns the HRA and they intend to let Allan go on using it without any cost.

INNEHÅLL

Sammanfattning

Summary

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Projektets mål	2
1.3	Genomförande	2
2	Förberedande arbete	3
2.1	Val av testplats	3
2.2	Upphandling, installation och utbildning	4
2.3	Tillståndshantering	6
3	Hemmatankningsenheten	9
3.1	Teknisk beskrivning	9
3.2	Driftresultat	11
4	Bilen med naturgasutrustning	12
4.1	Teknisk beskrivning	12
4.2	Driftresultat	15
4.3	Emissionsresultat	16
5	Ekonomi	17
6	Övrigt	18
6.1	Användarnas kommentarer	18
6.2	Information	19
6.3	Projektets försättning	19
7	Slutsatser	20
Bilaga	1 Tekniska data för FuelMaker C3	
	2 Tabeller från emissionsmätningar	
	3 Kontaktadresser	

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Intresset för att hitta alternativ till de traditionella drivmedlen diesel och bensin är idag stort. Anledningen till detta är i Sverige främst möjligheten till miljöförbättringar, medan försörjningssäkerhet och ekonomi kan vara skäl på andra håll. Ett intressant alternativt drivmedel är naturgas, som ger möjlighet till betydligt bättre miljöprestanda än diesel och bensin.

Naturgasdrift av fordon är inget nytt, det finns idag nästan en miljon naturgasdrivna fordon runt om i världen. Länder som Kanada, USA, Argentina, Italien, Ryssland och Nya Zeeland har vardera tiotusentals naturgasfordon. De flesta fordonen är personbilar, men användningen i tyngre fordon (bussar och lastbilar) ökar starkt. Vad gäller miljöinriktad teknikutveckling ligger USA, Kanada, Holland och också Sverige långt framme. Exempelvis har Volvo utvecklat en naturgasdriven lågemissionsbuss som väcker stor uppmärksamhet internationellt.

Ett av problemen med naturgasdrivna fordon är tillgången eller snarare bristen på tankningsstationer. En relativt ny, intressant tankningsmetod för naturgasdrivna personbilar är hemmatankning, d.v.s. att bilen tankas nattetid vid bostaden från en egen liten eldriven kompressorenhet. Metoden är både enkel och bekväm för användaren, som varje morgon kan sätta sig i en fulltankad bil.



Bild 1.1 Hemmatankning av naturgasdriven personbil i Kanada

En förstudie över hemmatankningsenhetens teknik och marknad utfördes under hösten 1989 <Vattenfall FUD U(G) 1990/5>. En uppföljning av denna studie genom demonstration förelåg sedan.

1.2 Projektets mål

Hemmatankningsprojektets målsättning är att genom demonstration under ett års tid hos lämplig bilägare erhålla kunskaper om hemmatankningsenhetens funktion under svenska förhållanden beträffande installation, körvanor och klimat. Erfarenheter från konvertering av en personbil till naturgasdrift ges också, även om resultaten från kompressorn anses primära.

Demonstrationsprojektets resultat skall kunna ligga till grund för eventuella påföljande fullskaleprojekt eller kommersiella projekt.

1.3 Genomförande

Projektet påbörjades under våren 1990. Efter ungefär ett år med förberedelser med tillståndshandling, upphandling etc, startade testperioden i maj 1991. Den avslutades sålunda i maj 1992. Efter detta har vissa justeringar av fordonsutrustningen och ytterligare emissionstester genomförts under hösten 1992 och början av 1993. Projektet slutrapporterades i april 1993.

Projektet har utförts av Vattenfall Energisystem tillsammans med Varberg Energi. Tove Ekeborg, Vattenfall Energisystem har varit projektansvarig och Kaj Rydberg, Varberg Energi har varit ansvarig för driften.

Projektet startade som ett samarbetsprojekt mellan Vattenfall, Sydgas, Swedegas (numera Vattenfall Naturgas), Malmö Energi, Göteborg Energi och NUTEK, vilka också har varit finansiärer. Projektet överfördes hösten 1990 till Svenskt Gastekniskt Center, SGC.

2 Förberedande arbete

2.1 Val av testplats

I inledningsskedet söktes en lämplig plats och bilförare för att genomföra projektet. Följande betingelser för testplatsen och bilägaren fastställdes:

- Villa med naturgas
- Egen bil med relativt hög årlig körsträcka
- Intresse

Det första villkoret innebar att det aktuella geografiska området begränsades kraftigt. Det svenska naturgasnätet har en mycket begränsad utsträckning. Dessutom finns inte särskilt många villor anslutna till nätet.

Valet föll på Varberg, och samarbete med Varberg Energi inleddes. Endast ett tiotal villor var vid denna tid inkopplade på naturgasnätet i Varberg. En av dessa villor var sedan tidigare föremål för ett demonstrationsprojekt rörande konvertering av uppvärmningssystemet (från direktel till vattenburen naturgas). Ägarna, Allan och Barbro Carlsson, var intresserade av att också delta i hemmatankningsprojektet.

Carlssons bor i en enplansvilla på Karlbergsvägen 21. Villan anslöts till naturgasnätet i samband med demonstrationsprojektet för gasvärme. Allan har en Volvo 740 av 1988 års modell, som han använder dagligen i sitt arbete som arbetsledare i kommunen. Han kör ofta upp mot 8 mil per dag under arbetsdagarna.



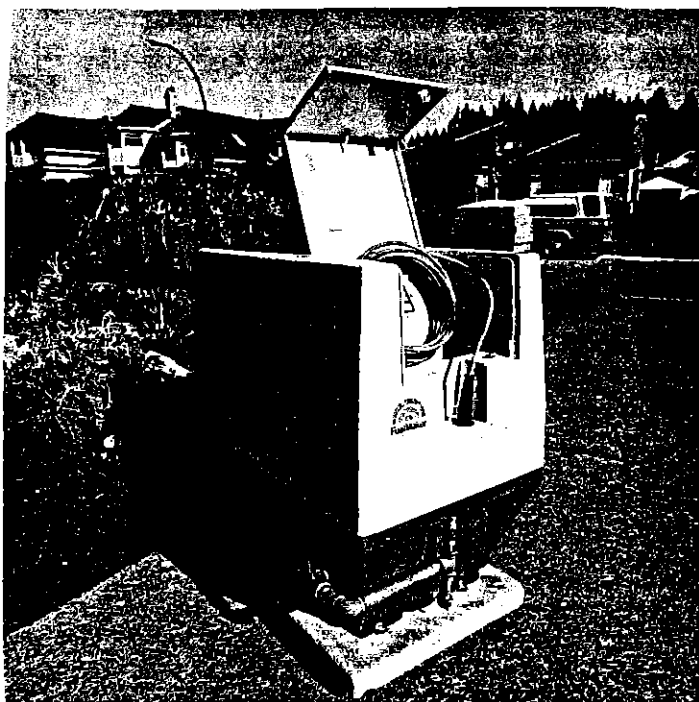
Figur 2.1 Allan och Barbro Carlsson utanför sin villa på Karlbergsvägen 21.

2.2 Upphandling, installation och utbildning

2.2.1 Hemmatankningsenheten

Vid tiden för upphandling, hösten 1990 och våren 1991, fanns det i princip bara en tillverkare av hemmatankningsenheter; FuelMaker Corporation. FuelMaker har sin bas i Kanada, men ägs till lika delar av BC Gas, Kanada, Questar, USA, och Sulzer, Schweiz. Kompressorn i enheten är utvecklad av Sulzer själva. Den kallades inledningsvis för Sulthane.

Under 1990 började FuelMaker den första serieproduktionen av en ny modell, C3. Tidigare modeller, kallade C1 och C2, är mer att betrakta som prototyper.



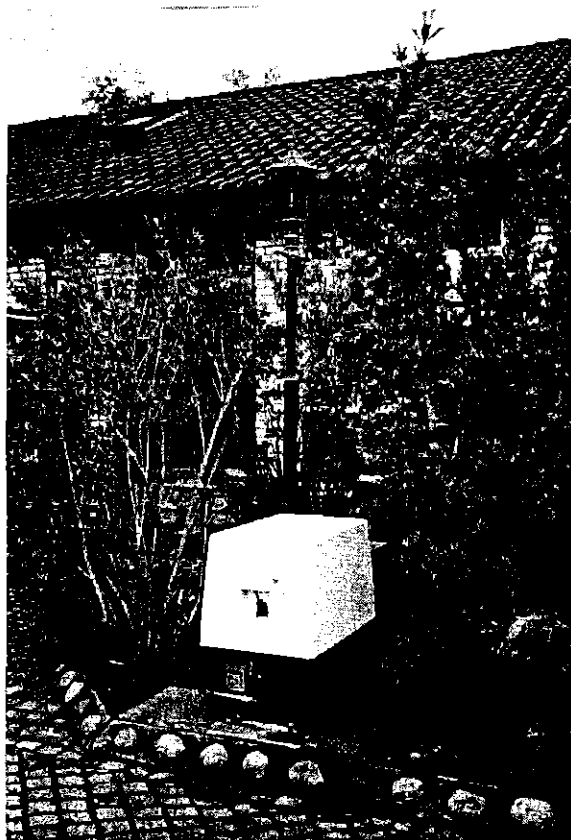
Figur 2.2 FuelMaker C3 hemmatankningsenhet

Företaget ville inte sälja en enstaka enhet till Sverige eftersom de befarade att en hel del administrativt arbete skulle krävas från deras sida, inte minst för tillståndshandlingen (och deras farhågor besannades, se vidare avsnitt 2.3). Upphandlingen skedde därför ihop med Göteborg Energi som skulle köpa fyra stycken enheter för tankning av en buss. FuelMaker accepterade efter vissa diskussioner en beställning på totalt fem enheter.

Det bedömdes som viktigt att C3-enheten skulle godkännas av svenska myndigheter innan en formell beställning lades. Detta gjorde att beställningen dröjde till mars 1991. En enhet hade dock reserverats för detta projekt, så den kunde levereras redan en månad senare.

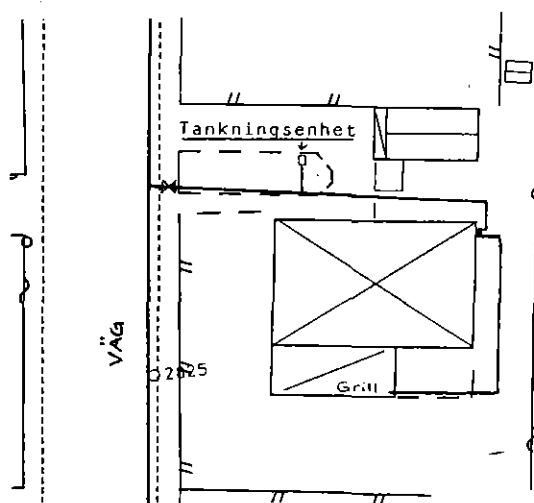
En endagsutbildning hos FuelMaker är obligatorisk för alla köpare. FuelMaker arrangerade en sådan kurs i Göteborg för personal från Varberg Energi och Göteborg Energi samtidigt. De fick bl.a. lära sig underhållsrutiner och att åtgärda vissa fel.

Hemmatankningsenheten installerades sedan vid garageuppfarten hos Allan Carlsson, se figur 2.3 nedan. Den placerades på en betongplatta, och avledningen från säkerhetsventilen drogs genom buskarna brevid.



Figur 2.3 Hemmatankningsenheten vid Allan Carlssons garageuppfart

Enheten kopplades in på naturgasnätet, som till villan håller ett tryck av upp till 4 bar, se figur 2.4 nedan. Eftersom enheten bara klarar ett inloppstryck på 200 mbar, installerades en regulator som stryper trycket ned till 140 mbar. En temperaturkompenserad gasmätare mäter förbrukad gasmängd till hemmatankningsenheten.



Figur 2.4 Gasservisen på Allan Carlssons tomt.

2.2.2 Bilen

Allan Carlssons bil, en Volvo 740 GL, skulle konverteras till naturgasdrift. Kontakter togs både med svenska företag och ett företag i Holland, Eurogas BV. Det holländska företaget bedömdes kunna erbjuda en bra konvertering till ett lågt pris, och valdes därför för arbetet. Eurogas är också holländska generalagenter för ståltanktillverkaren Faber, vilket ansågs värdefullt.

Kaj Rydberg, Varberg Energi tog bilen på färja ner till Holland, där konverteringen gjordes hos Eurogas i Utrecht. Kaj Rydberg fick samtidigt en viss utbildning på hur naturgasutrustningen fungerar.



Figur 2.5 Bilen konverteras hos Eurogas i Utrecht, Holland.

2.3 Tillståndshantering

Tillståndshanteringen blev ganska omfattande. Både hemmatankningsenheten och konverteringen av personbilen var de första av sitt slag i Sverige, och läget var oklart beträffande regler och krav från olika myndigheter. Att projektet försenades nästan ett år berodde huvudsakligen på tillståndsarbetet.

För bilen krävdes följande:

- **Dispens från avgasförordningen, Naturvårdsverket.**
Alla lätta fordon under 3,5 ton är typgodkända för ett visst bränsle, vanligtvis bensin. Om man vill köra på ett annat bränsle måste fordonet typgodkännas för detta också. Dock kan man ansöka om dispens från denna förordning för testfordon. Dispenser beviljas vanligtvis endast till fordonstillverkare som vill provköra sina egna fordon på speciella bränslen. Naturvårdsverket beviljade dock dispens till hemmatankningsprojektet. Denna dispens var tidsbegränsad till årsskiftet 1992/93, men förlängdes sedan ytterligare fem år till årsskiftet 1997/98.

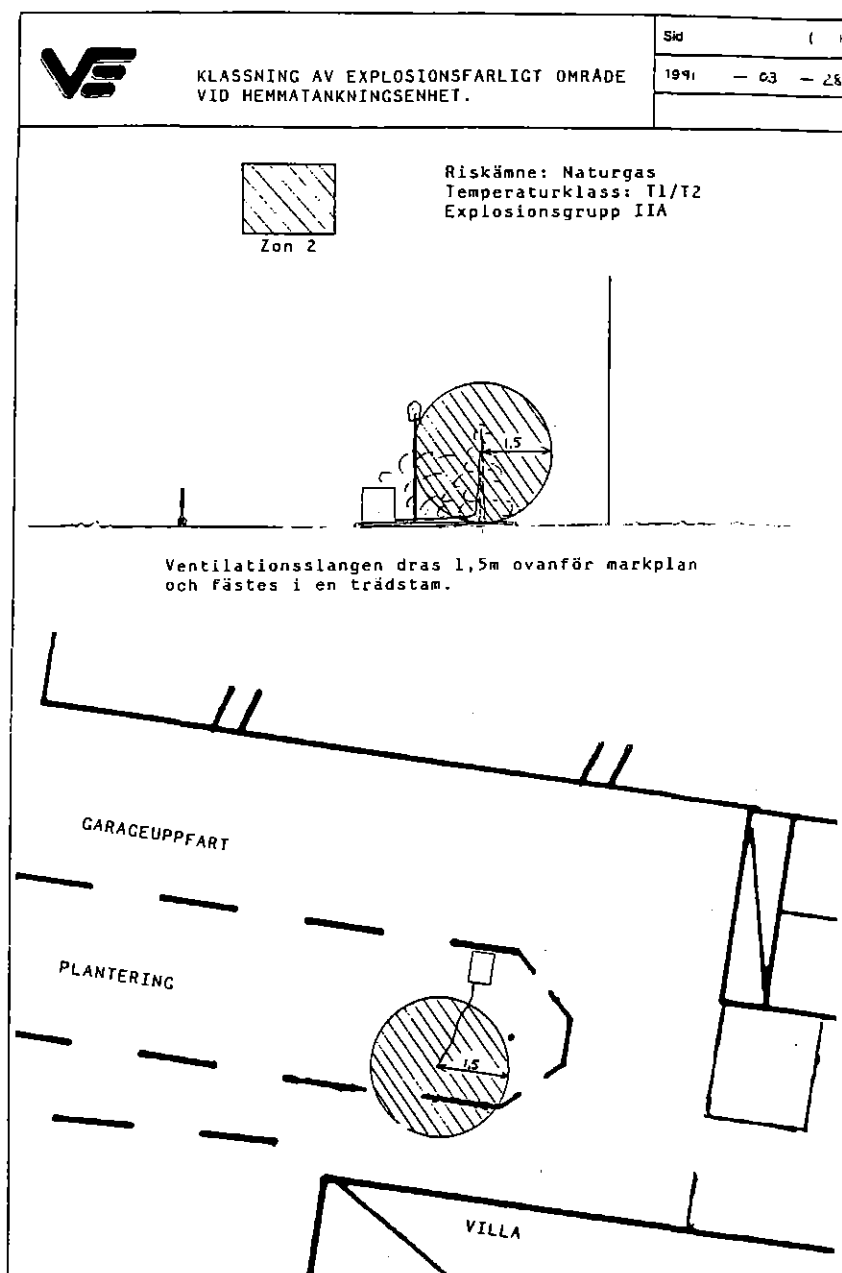
- **Godkännande av gastanken, Statens Anläggningsprovning.**
Naturgasen lagras i en högtryckstank (200 bars arbetstryck) i bilens bagageutrymme. Denna tank granskades av Statens Anläggningsprovning (SA) enligt Arbetarskyddsstyrelsens direktiv. SA krävde en omfattande dokumentation av tankens material, tillverkning, genomgångna kontroller och prov mm, för att kunna bedöma konstruktionen och säkerheten. Tanken var tillverkad av italienska Faber, men de holländska myndigheterna hade vid import till Holland själva gjort en hel del tester på det aktuella partiet tankar. Detta var värdefullt för de svenska myndigheterna, som slutligen godkände tanken för användning i detta projekt
- **Godkännande av gasinstallationen, Svensk Bilprovning.**
Efter att konverteringen utförts skulle bilen genomgå en ny besiktning. Trafiksäkerhetsverket har inte utfärdat några bestämmelser för naturgassystem, utan de rekommenderade att reglerna för motorgas (gasol) användes där de var tillämpliga. Bilprovningen i Varberg kontrollerade sedan installationen enligt dessa bestämmelser, och godkände fordonet. Dispensen från Naturvårdsverket och SA:s godkännande av gastanken krävdes för Bilprovningens godkännande.

För hemmatankningsenheten krävdes följande:

- **Godkännande av hemmatankningsenheten, Sprängämnesinspektionen.**
Sprängämnesinspektionen (SÄI) skulle granska kompressorn generellt. De ville ha en lista med beskrivning av alla material utsatta för högtryck. FuelMaker var mycket ovilliga att lämna en sådan lista, dels p.g.a. att materialen är affärshemligheter, dels beroende på allt arbete förknippat med att sammanställa en sådan lista. FuelMaker tyckte att de kanadensiska myndigheternas godkännande borde vara tillräckligt för de svenska myndigheterna att bevilja dispens för några enheter. En materiallista skickades dock till slut till SÄI, och sedan krävdes diverse kompletteringar. Bl.a. var vissa egenskaper för vissa material okända för SÄI och en materialexpert anlätades. Efter många turer hit och dit, där SÄI och FuelMaker delvis stod i direktkontakt med varandra, godkände SÄI att ett tiotal enheter används i Sverige.
- **Godkännande av avblåsningstank, Statens Anläggningsprovning.**
Hemmatankningsenheten innehåller ett tryckkärl, nämligen avblåsningstanken med ett maxtryck på 4 bar, och tryckkärl skall granskas av SA. FuelMaker skickade (motvilligt) en konstruktionsritning som SA använde som underlag för sitt godkännande.
- **Godkännande av klassningsplan, Sprängämnesinspektionen.**
För att få installationen godkänd krävdes en klassningsplan över området kring tankningsenheten. FuelMakers hemmatankningsenhet bygger på principen att den inte kan läcka (eftersom den då stängs av automatiskt), och området kring enheten är oklassat. Enheten innehåller inte explosionsklassade komponenter, så denna klassning är den enda möjliga. SÄI godtog här de kanadensiska myndigheternas bedömning och godkännande av en sådan klassningsplan. De enda klassade zonerna är själva kompressorn (zon 0) och området 1,5 meter kring öppningen från säkerhetsventilens avledningen (zon 2), se figur 2.6 på nästa sida. (Avblåsningstanken är försedd med en säkerhetsventil som öppnar om trycket överstiger 4 bar. Denna har en avledningsslang som leder bort gasen från själva enheten.)

Vid senare diskussioner med SÄI har det framkommit att området kring avledningens öppning borde ha klassats som zon 1, eftersom utsläpp även förekommer i samband med service (vilket ingår i *normal drift*). Detta föranledde dock ingen ändring i installationen och därför har inte heller den ursprungliga klassningsplanen ändrats. Det har vidare framkommit att området runt tanknings-

munstyckets anslutning på bilen borde ha klassats som zon 1. En viss mängd gas släpps ut varje gång munstycket kopplas från efter avslutad tankning. Mängden är dock mycket liten ($< 5 \text{ Ncm}^3$) och det medförde inte heller någon ändring i bilens installation eller den använda klassningsplanen.



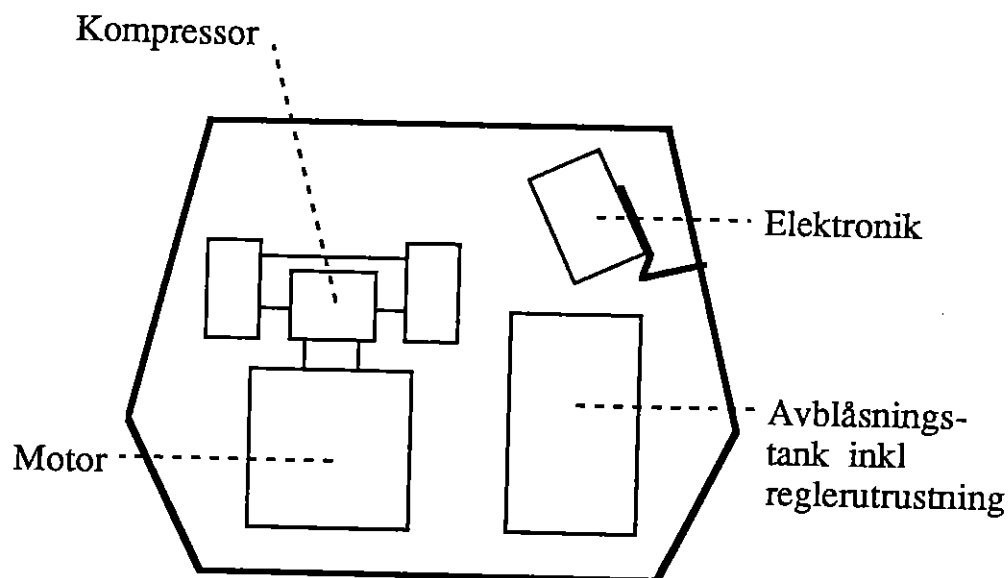
Figur 2.6 Klassningsplanen

- **Tillstånd beträffande brandfarlig vara, Byggnadsnämnden i Varberg.** Varberg Energi ansökte slutligen om tillstånd för hantering av brandfarlig vara hos Byggnadsnämnden i Varberg. Byggnadsnämnden remitterade ansökan till SÄI och Räddningstjänsten, som i förväg var informerade om projektet. SÄI hade ju också redan godkänt enheten och klassningsplanen, se ovan. Byggnadsnämnden krävde installation av en liten brandsläckare i närheten av hemmatankningsenheten och gav sedan det sökta tillståndet.

3 Hemmatankningsenheten

3.1 Teknisk beskrivning

Hemmatankningsenheten som har inhandlats till detta projekt är en FuelMaker modell C3. Den består av elmotor, kompressor, kontrollsystem och avblåsningstank enligt figur 3.1 nedan.



Figur 3.1 Hemmatankningsenhetens delar.

I bilaga 1 finns en uppställning över enhetens prestanda, elförbrukning etc. I princip fungerar enheten enligt följande: Elmotorn driver kompressorn som komprimerar gas upp till 200 bars tryck (temperaturkompenserat) direkt in i fordonets bränsletank. Anslutning till bilen görs via en ca 3 m lång smal ($d = 3-4$ mm) slang. En slangbrottsventil medför att slangen släpper från enheten om man kör iväg med bilen utan att koppla ifrån fyllningsmunstycket.

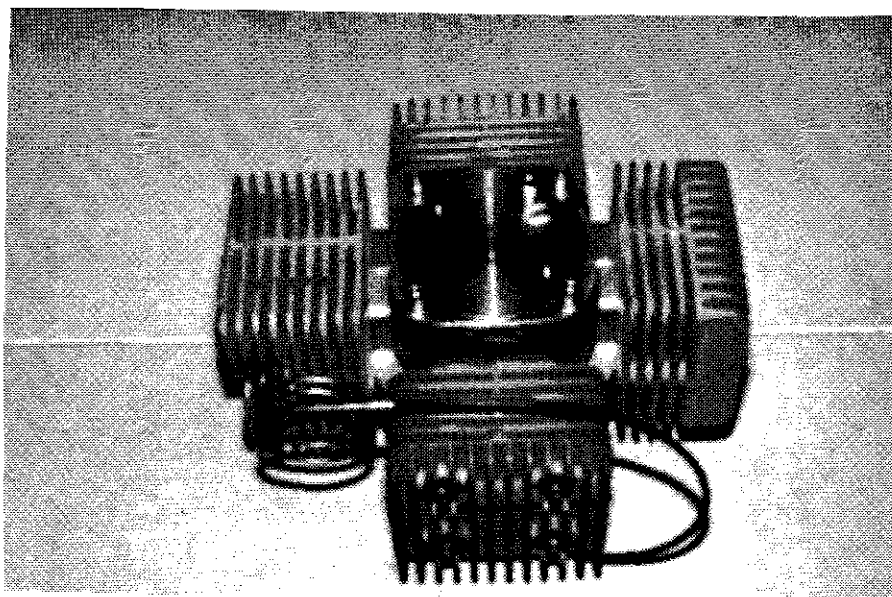
När 200 bars tryck uppnåtts stängs enheten av automatiskt och gasen i slangen (som alltså håller 200 bar) släpps ut i avblåsningstanken. Gastrycket i slangen reduceras därmed till bara några bars övertryck. Efter detta kan fyllningsmunstycket mot fordonet lossas och tankningen är klar. Endast en mycket liten mängd gas släpps ut under tankningen; den lilla volym som finns mellan fyllningsmunstyckets backventiler i hon- och handelen (en volym på mindre än fem Ncm^3).



Figur 3.2 Allan Carlssons bil under tankning.

Kompressorn är den tekniskt sett mest avancerade delen i hemmatankningsenheten. Den är en fyrastegs kolvkompressor, se figur 3.3 nedan, utan oljesmörjning. Kompressorn innehåller avancerade material (kompositer och plaster), och konstruktionen är gjord med stor noggrannhet. Gasledningarna mellan de olika stegen går inuti kompressorskalet för att minimera risken för läckage.

Kompressorn är luftkyld, en fläkt ser till att tillräckligt med luft cirkulerar kring kompressorns kylflänsar.



Figur 3.3 Kompressorn i hemmatankningsenheten.

Kontrollsystemet ser till att enheten stängs av om något fel uppstår, t.ex. om trycket ut plötsligt sjunker (vilket skulle kunna betyda att slangen eller en gasledning på bilen gått av). I bilaga 1 finns en noggrannare beskrivning av kontrollsystemets funktioner. Principen är att hemmatankningsenheten inte kan läcka; om ett läckage ändå uppstår stängs enheten genast av.

Kontrollsystemet innehåller också ett räkneverk där enhetens drifttimmar lagras. Efter 1000 timmar måste enheten servas, och den går då inte att starta. Redan vid 900 timmar börjar en varningslampa lysa så att man inte glömmer att det snart är dags för service. Efter första servicetillfället höjs intervallet för nästa service till 1500 timmar.

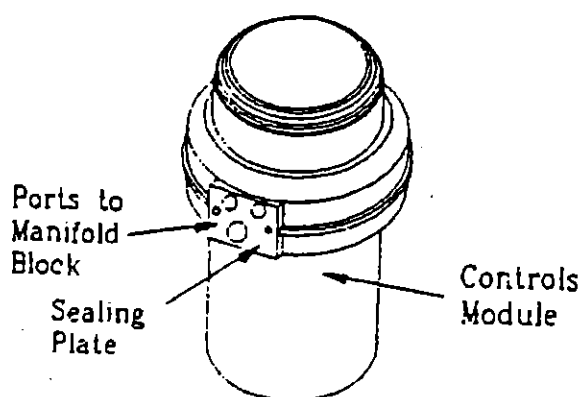
3.2 Driftresultat

Hemmatankningsenheten har fungerat mycket tillfredsställande under driftsperioden. Två mindre fel har dock uppstått och åtgärdats:

Läckage vid avblåsningstankens anslutningar.

Vid en rutinkontroll med läckspray upptäcktes en liten läcka vid det aluminiumblock som ansluter in- och utgående gasledning till avblåsningstanken, se figur 3.4 nedan. Skruvarna som håller blocket mot avblåsningstanken drogs åt, och läckan upphörde då, men återkom efter ett tag. Mellan blocket och avblåsningstanken finns en packning; en aluminiumplatta med gummipackningar kring hålen för gasledningarna. FuelMaker skickade en ny sådan packning, och efter bytet upphörde läckan.

Skadan på packningen uppstod troligtvis i samband med utbildningstillfället i Göteborg, då enheten användes som demonstrationsexemplar och plockades isär och ihop fullständigt.



Figur 3.4 Packningen på avblåsningstanken som fick bytas efter läckage.

Läckage från tankningsmunstycket

Allan Carlsson upptäckte vid några tillfällen att när fyllningsmunstycket lossades efter avslutad tankning läckte mer gas än den ovan nämnda normala mängden ut. Det visade sig att ventilen i fyllningsmunstycket på slangen hakade upp sig, så att all gasen i slangen långsamt läckte ut. Detta åtgärdades enkelt genom att knacka på munstycket så att ventilen stängde. Felet är känt hos tillverkaren (Sherex Industries) och de arbetar med en lösning så att felet inte kan uppstå igen.

Utöver dessa fel har hemmatankningsenheten fungerat utan problem. Tankningen tar normalt ca 3 timmar, kanske något längre tid om bilens bränsletank är helt tom när tankningen påbörjas.

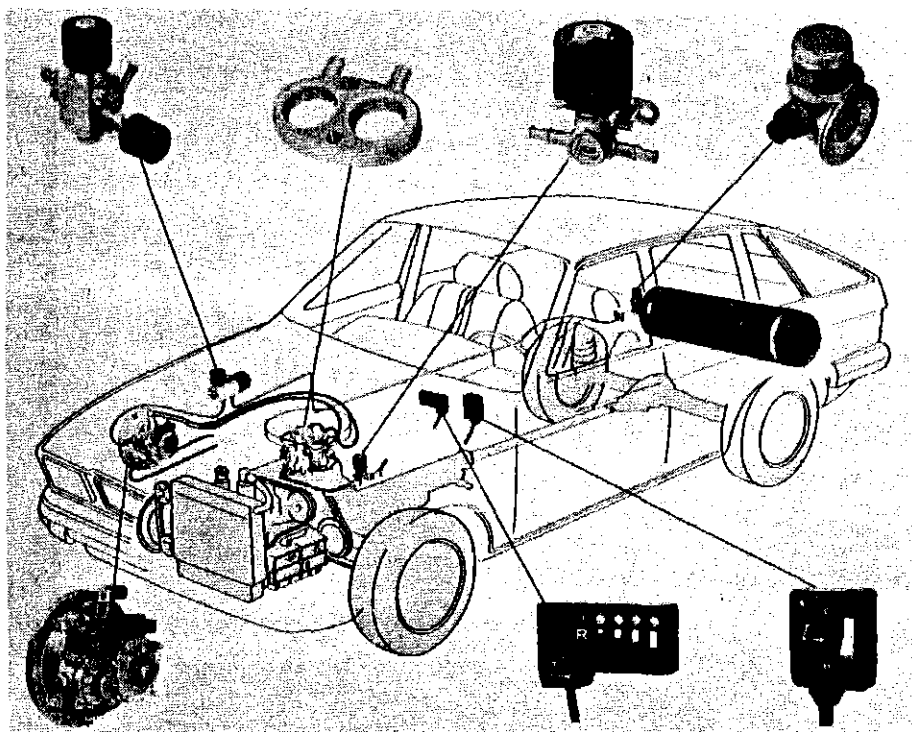
Elförbrukningen har legat på 0,033 kWh/kWh komprimerad gas, vilket får anses som bra. Enheten hade tills projektets slutskede gått ungefär 700 timmar.

4 Bilens med naturgasutrustning

4.1 Teknisk beskrivning

Den aktuella bilen i projektet är alltså en Volvo 740 GL av 1988 års modell. Bilen har direktinsprutning, trevägskatalysator och automatisk växellåda.

Naturgasutrustningen installerades av det holländska företaget Eurogas. Möjligheten att köra på bensin kvarstår. Naturgasutrustningen består av bränsletank, tryckregulator, gas-luftblandare, gasledningar, fyllningsanordning, diverse ventiler, elektroniskt kontrollsystem.



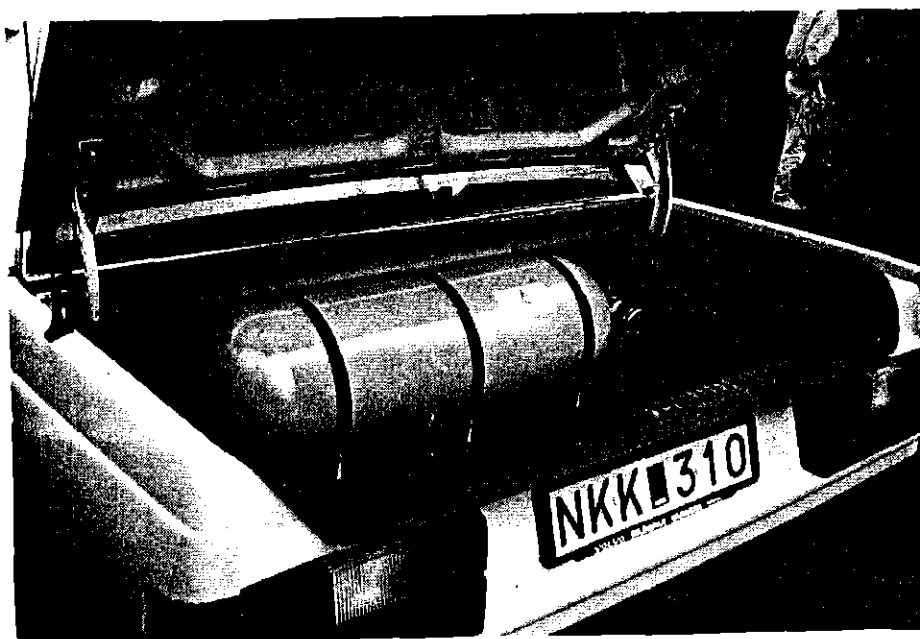
Figur 4.1 Bränslesystem för naturgas.

Bränsletanken (gastanken) är tillverkad i Italien av företaget Faber. Den har en volym på 60 liter, och väger 62,5 kg. Arbetstrycket är 200 bar, vilket innebär att ca 12 Nm³ gas ryms. Den är provtryckt till 300 bar. Tanken är försedd med flera säkerhetsfunktioner:

- rörbrottsventil, som stänger gasflödet ur tanken om det blir onormalt högt t.ex. om en gasledning går av.
- smältsäkring, som öppnar utflödet i händelse av bilbrand. Därmed riskerar inte trycket i tanken att bli så högt att tanken sprängs till följd av värmen.
- sprängbleck, som öppnar gasflödet om trycket i tanken stiger över 260 bar. Sprängblecket är ett komplement till smältsäkringen.

Dessutom finns en manuell avstängningsventil. Alla dessa ventiler finns samlade i tankens ena ände och täcks av en gastät kåpa. Kåpan har en avledning som mynnar utanför bagageutrymmet, så att eventuellt gasläckage från armaturen inte ansamlas i detta utrymme.

Tanken är placerad enligt figur 4.2 nedan. Gasledningarna i bagageutrymmet är dragna inuti gaskåpens avledningsslang, som mynnar under bilen.



Figur 4.2 Gastanken i bilens bagageutrymme.

All gasledning är av rostfritt stål. I tankningsmunstycket, som sitter längst bak under bilens stötfångare, finns en backventil.

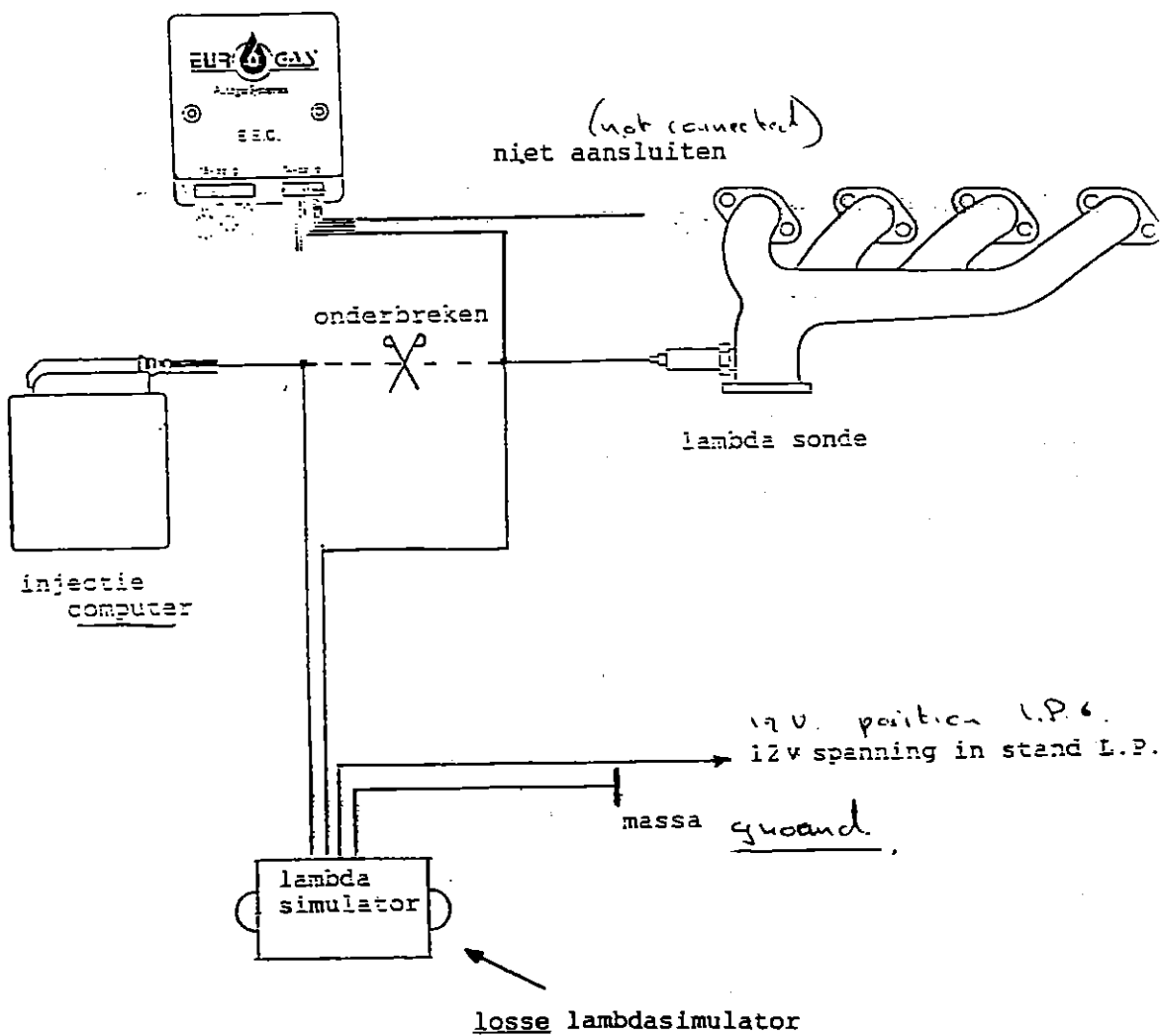
Gasledningar går från bränsletanken fram till motorrummet där gasregulatorn är placerad. Regulatorn är tillverkad av det italienska företaget Landi Renzo. Trycket reduceras i tre steg från 200 bar till strax över atmosfärstryck. Regulatorn värms med motors kylvatten, eftersom den stora tryckreduceringen medför kraftig kylning och därmed kan orsaka kondens.

Från regulatorn går gasen till gas-luftblandaren. En stegmotor styr gasmängden så att stökiometrisk blandning hela tiden upprätthålls. Gasblandningen sugas sedan in i motorn.

På regulatorn och i ledningen till blandningsmunstycket sitter automatiska avstängningsventiler som stänger när tändningen slås av eller då motorn stoppar fast tändningen är på.

På instrumentpanelen i bilen sitter en omkopplare, där man väljer bränsle (gas eller bensen). Man kan slå över till annat bränsle också under körning. Bilen startar alltid på bensen, och omkoppling till gas sker sedan vid 2000 varv (om omkopplaren står i gasläge vill säga). På instrumentpanelen finns också en signaltabla som visar hur mycket gas som finns kvar i tanken.

Ett kontrollsystem för gasdrift sköter bränslemängd och tändning när bilen går på gas. Systemet bygger huvudsakligen på originalkontrollsystemet, det använder den vanliga lambdasignalen, som dock justeras med hänsyn till gasdrift. Den använder också en annan tändkurva vid gasdrift.



Figur 4.3 Kontrollsystemet.

4.2 Driftresultat

Bilen har i huvudsak gått bra under perioden. Motorn går mjukt och fint, och verkar också vara tystare än vid bensindrift.

Under våren 92 uppstod dock ett fel vid gasdrift, bilen började hacka vid kallstart och vid vissa hastigheter. I samband med detta gjordes (tyvärr) den första emissionstesten (se vidare avsnitt 4.3) och resultaten visade att motorn hela tiden gick väldigt fett, d.v.s. den fick alldeles för mycket bränsle. Eurogas, företaget som konverterat bilen, skickade instruktioner för justeringar. Bilen lämnades i på verkstad i Varberg, och justeringarna genomfördes. Främst innebar det att justera tomgångsblandningen så att den hamnade på lambda-ett.

Efter detta gick bilen bra igen.

Då beställdes tid för en andra emissionstest. Vid förtesten dagen innan upptäcktes dock att gas-luftblandningen återigen låg alldeles för fett. Snabba justeringar gjordes, men felet fanns kvar när emissionstesterna gjordes dagen därpå.

Slutsatsen efter detta var att bilens gasutrustning inte höll måttet. Även om testet av hemmatankningsenheten är projektets huvudtanke beslutades att satsa på en ordentlig reparation av utrustningen.

Motorgasteknik i Göteborg, ett företag som sedan länge arbetat med gasdrivna personbilar, reparerade bilen. De konstaterade att antingen kontrollsystemet eller stegmotorn var trasig, och Eurogas skickade därför upp nya sådana. Delarna byttes ut och Motorgasteknik trimmade in kontrollsystemet ordentligt. Bilen gick också igenom en ordentlig service, då man bl.a. bytte katalysator eftersom bilen då gått över 12000 mil. Sedan gjordes en sista emissionstest med hyfsade resultat, se avsnitt 4.3 nedan.

Bränsleförbrukningen vid gasdrift har varit något ungefär lika som vid bensindrift både vid blandad körning och vid landsvägskörning.

	Bränsleförbrukning vid gasdrift (Nm ³ /mil)	Motsvarande energi (liter bensin/mil)	Bränsleförbrukning vid bensindrift (l/mil)
Blandad körning	0,9	1,1	1,1
Landsvägskörning	0,7	0,82	0,84

Tabell 4.1 Bränsleförbrukning vid gas- och bensindrift.

Eftersom bilen alltid startar på bensin åtgår det små mängder bensin även vid gasdrift. För att systemet skall slå över på gas krävs att föraren trampar till på gasen så att varvtalet går över 2000 rpm. Bilägaren Allan Carlsson har ibland glömt detta varför bensinförbrukningen vid gasdrift då uppgått till över 0,1 l/mil.

Vid landsvägskörning kan man köra ca 19 mil på en tank.

Sammanfattningsvis har bilen fungerat bra men gasutrustningen, eller rättare sagt kontrollsystemet, håller inte måttet när det gäller att hålla gas-luftblandningen konstant på lambda-ett. Därmed fungerar inte katalysatorn optimalt hela tiden och emissionsbilden blir inte särskilt bra.

4.3 Emissionsresultat

Eftersom huvudsyftet med naturgasdrift i Sverige är att uppnå miljöförbättringar utfördes emissionstester på bilen. Emissionsproven gjordes, som normalt för personbilar, enligt en transient testcykel, UDC (Urban Driving Cycle) i enlighet A12-/A13- regulation.

Det första emissionstestet gjordes när bilens naturgasutrustning var trasig, se avsnitt 4.2 ovan. Testet som utfördes på Volvo Personvagnar blev därmed totalt misslyckat vad gäller emissioner vid naturgasdrift. Ett test gjordes dock också vid bensindrift, med resultat enligt tabell 4.2 nedan. I bilaga 2 ses en utförligare tabell över emissionsresultaten.

Det andra emissionstestet gjordes på Svensk Bilprovning i Jordbro. Det var inte heller lyckat, kontrollsystemet var fortfarande trasigt trots att vissa justeringar gjorts. Resultaten redovisas därför inte här.

Efter en ordentlig reparation gjordes ett sista test, återigen hos Volvo Personvagnar. Av kostnadsskäl gjordes bara prov vid naturgasdrift. Resultaten visas i tabellen nedan.

	NO _x	CO	HC (NMHC)	CO ₂
Naturgasdrift	1,80	0,311	0,533 (0,05)	191
Bensindrift	0,677	1,06	0,150	251
Dagens gränsvärden	0,62	2,1	0,25	-

Tabell 4.2 Emissioner vid UDC i g/km. Resultaten för bensindrift och naturgasdrift är inte från samma testtillfälle, se texten ovan.

Som synes är emissionsvärdena inte lysande vare sig på bensin eller naturgas. Man skall komma ihåg att bilen gått 12000 mil och är fem år gammal.

Testen vid naturgasdrift visade att "spikar" av HC och speciellt NO_x uppstår vid acceleration och retardation, detta sannolikt beroende på att kontrollsystemet inte hinner med att reglera gas-luftblandningen korrekt till lambda-ett. Därmed hamnar man utanför det fönster där katalysatorn fungerar ordentligt, och emissionerna blir höga. NO_x ligger vidare högt vid konstant hög hastighet. HC ligger relativt högt även mellan "spikarna" vilket antyder att katalysatorn inte reducerar metan särskilt bra ens kring lambda-ett.

Vad gäller HC-utsläppen vid naturgasdrift består de främst av metan, som anses ofarligt för den lokala och regionala miljön. Därför redovisas även kolväteutsläpp exklusive metan, NMHC (Non Methane Hydro Carbons) i tabellen ovan. Dessa avgasutsläpp är låga.

5 Ekonomi

Projektet är ett försöksprojekt, som innehåller många extra kostnader. Nedan görs en redovisning på ekonomin i en kommersiell tillämpning. Kostnaderna har uppskattats som gällande idag om minst ett tiotal bilar konverteras och lika många tankningsenheter köps in.

Förutsättningar

<u>Investeringskostnader exklusive moms</u>		
Hemmatankningsenhet (inkl. slang och munstycke)		25000 kr
Frakt och tull, hemmatankningsenhet		2000 kr
Installation, hemmatankningsenhet		5000 kr
Konvertering bil (inkl. moms)		18000 kr
<u>Bränslekostnader inklusive moms</u>		
Bensin	7,50 kr/l =	82 öre/kWh
Naturgas (vid villan)		35 öre/kWh
El		53 öre/kWh
<u>Fordonsdata</u>		
Årlig körsträcka		2000 mil/år
Bensinförbrukning	1 l/mil =	9,2 kWh/mil
Naturgasförbrukning	0,9 Nm ³ /mil =	10,8 kWh/mil
<u>Data för hemmatankningsenheten</u>		
Servicekostnad (1500 h intervall, 2500 kr per tillfälle)		1000 kr/år
Personalkostnad service (4 besök per år)		800 kr/år
Elförbrukning		3 % av komprimerad energi
<u>Övrigt</u>		
Avskrivningstid, konvertering av bil		10 år
Avskrivningstid, hemmatankningsenhet		10 år
Realränta		6 %

Beräkningsprincip

Bilägaren kör på naturgas i stället för bensin. Hans *bruttovinst* blir skillnaden mellan bensinutgifter och naturgasutgifter, minus kostnaden för el. *Nettovinsten* fås efter avdrag för kostnaden för bilkonverteringen utslagen på 10 år. Om gasbolaget tar ut en leasingavgift för hemmatankningsenheten minskar bilägarers vinst ytterligare, *nettovinst efter leasingavgift*.

Gasbolaget äger hemmatankningsenheten och sköter service på den. De kan ta ut en leasingavgift för tankningsenheten från fordonsägaren, vilket då minskar hans vinst med lika mycket som leasingavgiften. Gasbolagen har ytterligare en intäkt; de ökar försäljningen av naturgas och gör då samma vinst som normalt vid försäljning till villakunder.

Gasbolagen hanterar inköp av hemmatankningsenhet och betalar inte moms. Bilägaren antas vara en privatperson och betalar därmed moms för konverteringen av bilen och för bränsle.

Resultat

Bilägarens ekonomi

Bruttovinst gasdrift	7900 kr/år
Nettovinst	5400 kr/år
Nettovinst efter leasingavgift på 3000 kr/år	2400 kr/år

Gasbolagets ekonomi

Utgifter (avskrivning, service)	6200 kr/år
Intäkt leasingavgift	3000 kr/år
Intäkt från ökad gasförsäljning (19 MWh/år)	? *

* Uppgifter ej tillgängliga, får uppskattas av respektive gasbolag

Sammanfattningsvis kan man säga att ekonomin sannolikt inte går runt för ett gasbolag vid installation av en hemmatankningsenhet för tankning av en bil.

Om bilen har en längre årlig körsträcka blir situationen bättre.

Bättre ekonomi fås också om två eller flera fordon delar på en hemmatankningsenhet. Detta är idag praktiskt möjligt, FuelMakers nya hemmatankningsenhet FM4 kan fås med två tankningsslangar parallellt. Tankningstiden ökar men eftersom en personbil fylls på kanske fyra timmar borde det vara möjligt att dela en enhet på tre fordon.

Detta kan vara ett lämpligt koncept för företag med flera bilar i en flotta, t.ex. gasbolagens egna servicebilar. Då försvinner momskostnaden för bilkonvertering och för bränsle, eftersom företag äger bilarna.

Resultat, tre företagsbilar tankas vid samma enhet

Bilägarens ekonomi, exkl. moms

Bruttovinst gasdrift (inkl. elkostnad)	19 000 kr/år
Nettovinst efter avskrivning	13 100 kr/år
Vinst efter leasingavgift på 10 000 kkr/år	3 100 kr/år

Gasbolagets ekonomi

Utgifter (avskrivning, service)	8 200 kr/år
Intäkt leasingavgift	10 000 kr/år
Intäkt från ökad gasförsäljning (58 MWh/år)	? *

* Uppgifter ej tillgängliga, får uppskattas av respektive gasbolag

6 Övrigt

6.1 Användarnas kommentarer

Bilägaren Allan Carlsson är mycket nöjd med både bilen och tankningsmetoden. Bilen har gått bra, med undantag för en period under våren 92 (se avsnitt 4.2 ovan). Motorn går tyst och mjukt, och Allan har inte märkt av någon försämring i effekt vid gasdrift.

Allan tycker också om själva hemmatankningskonceptet. Det är enkelt och bekvämt att tanka och han behöver sällan besöka vanliga bensinmackar.

Nackdelen är att gastanken stjälar en hel del utrymme i bagageutrymmet. Om tanken hade varit något mindre hade den fått plats på "hyllan" i bagageutrymmet, vilket hade varit

en klar förbättring. Problemet skulle också minska om tanken enkelt kunde tas bort när man önskar extra plats för bagage, t.ex. när man åker på semester.

Driftsansvarige vid Varberg Energi, Kaj Rydberg, anser att hemmatankningsenheten har fungerat mycket bra och att nödvändig serviceinsats har varit liten, speciellt med tanke på projektets försökskaraktär. Kaj har dock spenderat en hel del tid på projektet i samband med emissionstester och reparationer av bilen.

6.2 Information

Projektet har fått stor uppmärksamhet i tidningar och även radio och TV. Artiklar har bl.a. varit införda i följande tidningar:

- Arbetet
- Bohuslänningen
- Dagens Nyheter
- Energimagasinet
- Energitidningen (Vattenfall)
- Focus (Vattenfall)
- Gasnytt
- Göteborgs-Posten
- Hallands Nyheter
- Hallandsposten
- Hemmets Journal
- Kundkontakt (Sydkraft)
- Svenska Dagbladet

I samband med uppstarten hölls en visning för pressen (och för referensgruppen). Utöver en del av ovan nämnda tidningar deltog Västnytt, som visade ett några minuter långt inslag samma kväll. Vid ett senare tillfälle har också TV4 gjort ett reportage som visats i en nyhetssändning. Även radio har uppmärksammat projektet.

Vid projektets avslutning hölls en mindre pressträff, där bl.a. Västnytt och en lokal TV-kanal deltog och sedan visade inslag i respektive sändning.

Att pressen visat så stor uppmärksamhet för projektet bedöms bero på dels ett allmänt intresse för alternativa, miljövänliga drivmedel, dels konceptets populärtekniska karaktär: anläggningen är "gullig", lättbegriplig och försöket görs hos en privatperson.

6.3 Projektets fortsättning

Projektet avslutades i och med slutrapporteringen i april 1993, men driften kommer att fortgå som tidigare. Allan Carlsson kommer alltså att fortsätta köra sin bil på naturgas och tanka bilen vid hemmatankningsenheten. Han övertar nu ansvaret för bilens naturgasutrustning.

Varberg Energi äger och ansvarar för hemmatankningsenheten, den överläts på dem redan vid projektets början. Varberg Energi avser låta Allan Carlsson fortsätta använda hemmatankningsenheten utan kostnad.

I och med detta kan projektet sägas gå över i en fas där konceptets långsiktiga tillförlitlighet utvärderas, och bilägaren och Varberg Energi tar över ansvaret.

Kontaktpersoner är Kaj Rydberg på Varberg Energi och bilägaren Allan Carlsson. Deras adresser finns i bilaga 3.

7 Slutsatser

Projektet har som helhet givit ett lyckat resultat. Hemmatankningsenheten har fungerat mycket bra, och den kan utan tveksamhet rekommenderas för användning i andra projekt.

Bilen har fungerat tillfredsställande, men man kan konstatera att den valda naturgasutrustningen inte är tillräckligt avancerad för att bra emissionsvärden. I övrigt kan nämnas att gastankens placering i bagageutrymmet kan vara störande för bilägaren.

En slutsats vad gäller bilen blir att naturgasdrift i sig inte alltid ger bättre emissioner än bensindrif, åtminstone inte om det gäller en modern bil med trevägskatalysator. Vid konvertering till naturgas gäller det att välja en tekniskt mer avancerad naturgasutrustning för att önskade miljöfördelar skall erhållas. Internationella erfarenheter visar att sådan bättre teknik finns tillgänglig idag, varför man *inte* skall dra slutsatsen från detta projekt att naturgasdrift för dagens personbilar inte ger miljöfördelar.

Den ekonomiska analysen visar att minst två bilar måste tanka vid samma hemmatankningsenhet om lönsamhet skall uppnås. Konceptet är därmed speciellt intressant för t.ex. företagsbilar som nattetid står uppställda på samma plats. Konceptet med flera bilar vid samma enhet kan vara svårare att realisera med privatpersoner som äger var sin bil. Hur vet man hur mycket var och en har tankat? Eftersom det är mycket dyrt att mäta gasmängd på högtryckssidan efter kompressorn, måste detta lösas på annat vis. Man skulle t.ex. kunna låta bilägarna tanka vid skilda tidpunkter på dygnet.

Tekniska data för FuelMaker C3

Elmotor: 1,5 hk, TEFC (helt innesluten, fläktkyld)
 Max effektbehov 1,8 kW
 Anpassad till svensk elinstallation (220 V, enfas, 50 Hz)
 Direkt transmission till kompressor

Kompressor: 4.5 stegs luftkyld, utan oljesmörjning
 Inbyggda gasledningar och filter mellan stegen
 P_{in} : min 10 mbar
 max 200 mbar
 P_{ut} : 200 bar
 Flöde: min 2,7 Nm³/h (20°C, P_{in} = 10 mbar)
 max 4,5 Nm³/h (-40°C, P_{in} = 200 mbar)
 normal 3,0 Nm³/h
 Varvtal 1760 rpm
 Material: aluminium, plaster, keramik

Max innesluten gasvolym: $(4,5/60)/1760 = 42.6 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^3$

Avblåsningstank:
 Dimensionerad för att rymma innesluten gasmängd i slangen
 $V = 200 \text{ bar} \cdot (0,004^2/4 \cdot \pi \cdot 3) = 7.5 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^3$
 Säkerhetsventil öppnar vid $P > 4 \text{ bar}$

Kontrollsystemet stänger av enheten om
 $P_{ut} > 200 \text{ bar}$
 P_{ut} inte ökar
 P_{ut} sjunker snabbt
 $P_{ut} < P_{in}$
 $P_{in} < 10 \text{ mbar}$
 T_{motor} eller $T_{kompressor}$ är för hög

Kontrollsystemet hindrar enheten från att starta om
 $P_{avblåsningstank}$ är för hög
 Enheten gått mer än 1000 h (En kontrollampa tänds efter 900 h)

Enheten kan endast startas av en serviceman efter att någon av säkerhetsfunktionerna har utlösts och felet har pågått mer än tre minuter. Treminutersspärren är till för att undvika onödiga besök av reparatör om felet endast beror på felaktig användning. Användaren får alltså en till chans att t ex ansluta fyllningsmunstycket ordentligt.

Övrigt: Ljudnivå 45 dBA vid 5 m avstånd
 Vikt 48 kg
 Omgivningstemperatur min -40°C
 max +40°C

 * ----VOLVO EMISSION TEST PV 96573---- TEST CELL:8 TEST NO:5972 DATE:930211 TIME:1240 TYPE:BENS2(BCV52) *

*REMARKS: *
 * *ATM.PRESS 103.3 KPA /774.7 MM HG /30.50 IN HG *
 * *TEMP DRY 25.1 DEG C / 77.2 DEG F HUMIDITY *
 * * WET 15.5 DEG C PERCENT 35.5 *
 -----*

* VEHICLE TYPE.... 740	INERTIA WEIGHT... 3500	LBS	IDLE SPEED... RPM
* VEHICLE ID..... NKK 310	ENGINE TYPE..... B230F		ROAD LOAD.... 8.5 HP/80 KM/H*
* ODOMETER..... 136469	ENGINE NO.....		IND ROAD LOAD 7.2 HP/80 KM/H*
* GEARBOX..... AW71	FUEL SYSTEM..... LH		TYRE PRESSURE 310 KPA *
* FINAL GEAR RATIO	IGN SETTING.....	DEGR	DRIVER..... BJÖRN *
* SUPERVISOR DEPT	CO SETTING.....	PERC	TECHNICIAN... BJÖRN *
* NAME SÖDERBERG			ANALYZER..... VOLVO 4M *
			DYNAMOMETER.. DF-746-R *

* PU FILTER...MM H2O 15.0
 * PU PDP.....MM HG 0.0
 * PO PDP.....MM HG 0.0
 * TU PDP.....DEG F 0.0

* DILUTION AIR	PHASE1	PHASE2	PHASE3	EXHAUST GAS	PHASE1	PHASE2	PHASE3
* HC.....PPM	1.3	1.3	1.3	HC.....PPM	22.9	17.7	19.1
* CO.....RANGE	500	100	100	CO.....RANGE	500	100	100
* CO.....READING	0.0	0.0	0.0	CO.....READING	14.9	5.0	13.0
* CO.....PPM	0.0	0.0	0.0	CO.....PPM	59.1	5.0	13.0
* CO2.....RANGE	1.5	1.5	1.5	CO2.....RANGE	1.5	1.5	1.5
* CO2.....READING	5.00	4.80	5.00	CO2.....READING	63.70	42.00	57.10
* CO2.....PERCENT	0.058	0.056	0.058	CO2.....PERCENT	0.882	0.551	0.779
* NOX.....PPM	0.0	0.0	0.0	NOX.....PPM	65.2	54.0	76.7

* MASSCONCENTRATIONS	GRAMS/TESTPHASE						
	PHASE1	PHASE2	PHASE3		PHASE1	PHASE2	PHASE3
* HC.....	2.898	3.788	2.394	FE.....MPG	26.7	28.1	30.7
* CO.....	5.32	0.78	1.18	PDP.....REVS	0.0	0.0	0.0
* CO2.....	1170.	1211.	1025.	VMIX.....CU FT	2728.0	4699.0	2734.0
* NOX.....	8.56	12.21	10.09	DYNAMOMETER.....REVS	8356	9044	8365
				DRIVING DIST.....M	5763	6237	5769
				FUEL CONSTANT.....	0.0		

* WEIGHTED VALUES							
	HC	CO	CO2	NOX	FE/FC	NOX CORR.FACT.	
* .858	.501	308	2.90	G/MILE	28.5	MPG	KH= 0.8884
* .533	.311	191	1.80	G/KM	8.2612	L/100 KM	VO= 0.0 CUFT/REV

NATURGAS

BILAGA 2:1

 * VOLVO EMISSION TEST PA 03500 --- TEST CELL:9 TEST NO:5253 DATE:920325 TIME:1220 TYPE:BENS2(BCVS2) *

*REMARKS: *
 *BENSIN *
 * * * * *
 *ATM.PRESS 100.2 KPA /751.6 MM HG /29.59 IN HG *
 *TEMP DRY 25.3 DEG C / 77.5 DEG F HUMIDITY *
 * * * * *
 * WET 12.6 DEG C PERCENT 20.1 *

 * VEHICLE TYPE.... 740 INERTIA WEIGHT... 3375 LBS IDLE SPEED... RPM *
 * VEHICLE ID..... NFN 310 ENGINE TYPE..... B230F ROAD LOAD.... 7.7 HP/80 KM/H*
 * ODOMETER..... 110406 ENGINE NO..... IND ROAD LOAD 6.5 HP/80 KM/H*
 * GEARBOX..... AW71 FUEL SYSTEM..... LH TYRE PRESSURE 310 KPA *
 * FINAL GEAR RATIO ISM SETTINGS..... DEGR DRIVER..... LILIANNE *
 * SUPERVISOR DEPT CO SETTINGS..... PERC TECHNICIAN... BJÖRN *
 * NAME SUDERBERG ANALYZER..... VOLVO 4M *
 * DYNAMOMETER... DF-746-R *
 * * * * *
 * PU FILTER...MM H2O 15.0 *
 * PU POP.....MM HG 0.0 *
 * PO POP.....MM HG 0.0 *
 * TU POP.....DEG F 0.0 *
 * * * * *

	PHASE1	PHASE2	PHASE3	EXHAUST GAS	PHASE1	PHASE2	PHASE3
* HC.....PPM	1.1	1.1	1.1	HC.....PPM	21.0	3.1	4.2
* CO.....RANGE	500	100	100	CO.....RANGE	500	100	100
* CO.....READING	0.1	0.2	0.2	CO.....READING	46.5	27.4	24.6
* CO.....PPM	0.4	0.2	0.2	CO.....PPM	202.7	26.9	24.1
* CO2.....RANGE	1.5	1.5	1.5	CO2.....RANGE	1.5	1.5	1.5
* CO2.....READING	4.10	4.00	4.00	CO2.....READING	77.60	54.70	71.30
* CO2.....PERCENT	0.050	0.049	0.049	CO2.....PERCENT	1.107	0.746	1.005
* NOX.....PPM	0.0	0.0	0.0	NOX.....PPM	87.0	13.3	16.0

MASSCONCENTRATIONS GRAMS/TESTPHASE							
	PHASE1	PHASE2	PHASE3	PHASE1	PHASE2	PHASE3	
* HC.....	2.602	0.46	0.412	FE.....MPG	20.9	20.4	23.7
* CO.....	17.73	3.99	2.08	PDP.....REVS	0.0	0.0	0.0
* CO2.....	1181.	1151.	1315.	VMIX.....CU FT	2657.0	4555.0	2644.0
* NOX.....	10.27	2.37	1.88	DYNAMOMETER.....REVS	8409	9106	8409
				DRIVING DIST.....M	5799	6280	5799
				FUEL CONSTANT.....	0.0		

*WEIGHTED VALUES *
 * HC CO CO2 NOX FE/FC NOX CORR.FACT. *
 * .242 1.71 404 1.09 5/MILE 21.3 MPG KH= 0.8203 *
 * .150 1.05 251 .677 5/KM 11.0590 L/100 KM VC= 0.0 CUFT/REV *

BENSIN

BILTA 2:2

KONTAKTADRESSER

Tove Ekeborg
Vattenfall Energisystem
Box 528
162 15 Vällingby
tel 08 - 739 5588
fax 08 - 739 6298

Projektansvarig

Kaj Rydberg
Varberg Energi
Box 1043
432 13 Varberg
tel 0340 - 288 60
fax 0340 - 149 95

Driftansvarig, kontaktperson för fortsättningen

Allan Carlsson
Karlbergsvägen 21
432 36 Varberg
tel 0340 - 14540

Bilägaren, utförare

Ueli Oester
FuelMaker Project Group
c/o Sulzer Bros. Ltd.
CH-8401 Winterthur
Schweiz
tel +41 52 262 8401
fax + 41 52 262 0019

Försäljning FuelMaker Europa

Jan Boerhoop
Eurogas Utrecht BV
Nautilusweg 33
3542 AT Utrecht
Holland
tel +31 30 412333
fax +31 30 414460

Konvertering, konverteringsutrustning

Lars Hansson
Motorgasteknik
Tagenevägen 40
425 90 Hisingskärna
tel 031 - 575330
fax 031 - 575333

Verkstad gasfordon, konvertering

93-06-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
003	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 3	Apr 91	Svenskt Gastekniskt Center AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Jan 93	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
008	Catalogue of gas technology RD&D projects in Sweden (På engelska)	Jul 91	Swedish Gas Technology Center	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Driftekniska Institut. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Asa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50

93-06-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projektering AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center AB	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tilläpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult A	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning	Nov 92	Per Carlsson, Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	150
031	Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri	Nov 92	Carl-Axel Triumph Triumpf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150

93-06-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150
035	Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt	Jun 93	Tove Ekeborg Vattenfall Energisystem	150
036	Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie	Jun 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem	150

