

Rapport SGC 092



LB30-projektet

Introduktion av naturgasdrivna tyngre lastbilar

**Autoemission K-E E Consultant AB, Göteborg Energi AB, Svenskt
Gastekniskt Center AB, Sydgas AB, Vattenfall AB, Volvo Lastvagnar AB**

Januari 1999

Rapport SGC 092
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--92--SE

SAMMANFATTNING

LB30-projektet avsåg ursprungligen att samordna upphandlingen av ett 50-tal gasdrivna lastbilar i Sverige. Av dessa 50 lastbilar skulle 30 st vara avsedda för naturgasdrift och 20 st för biogasdrift. Det visade sig att introduktionen av de 20 biogasfordonen inom projektet inte gick att arrangera utan detta kommer i stället ev att arrangeras inom andra projekt med andra aktörer.

Syftet med projektet var att ge både potentiella gasfordonsanvändare, fordonstillverkare och gasindustrin erfarenheter från gasdrift av lastbilar. Samtidigt skulle ekonomiska, tekniska och miljömässiga aspekter klarläggas, och början till en infrastruktur byggas upp.

LB30-projektet startade under 1994 och har inneburit att 30 gasdrivna lastfordon av typen Volvo FL10 har tagits i trafik. Naturgasbolagen har under projektet driftsatt två tankstationer med uppgift att serva projektets kunder. Förutom dessa båda stationer har ett flertal andra tankningsstationer tillkommit under projekttiden, liksom ett antal nya personfordonskunder.

Drifts- och funktionsmässigt har bilarna i det allra flesta fall väl uppfyllt kundernas krav. Genom att använda bilarna rätt kan en något kortare aktionsradie och ett annorlunda tankningsförlopp accepteras. Fordonen har generellt sett fått ett gott betyg av förarna.

Gasfordonen har mycket låga utsläpp av partiklar, CO och andra hälsofarliga ämnen (t ex tyngre kolväteföreningar) och detta gör dem mycket lämpliga i stadsmiljö. Jämfört med dieselfordon har gasfordon mindre utsläpp av ämnen som bidrar till växthuseffekten.

Emissionerna av kolväten är initialt mycket låga hos fordonen men stiger under fordonets drift till en nivå som ligger över de gränsvärden som föreskrivs i EURO II-normen för dieselmotorer i tunga fordon. Kolväteemissionerna består till uteslutande del av metan. Likaså har kväveoxidemissionerna ökat under drifttiden. Detta kan till viss del bero på ökande värmevärde i naturgasen.

Ytterligare insatser bör göras för att förbättra motorns styrsystem så att kolväteemissioner och kväveoxidemissioner kan reduceras. Vidare bör insatser göras för att utveckla katalysatortekniken så att katalysatorer med bättre långtidsaktivitet kan erhållas.

Livscykelkostnaderna för ett naturgasfordon inom LB30-projektet är f n ca 17% högre än för motsvarande dieselfordon inkl skatter och avgifter. Motsvarande livscykelkostnad är 36% högre exkl skatter och avgifter. Ett användande av gasfordon motiveras oftast av ett miljöengagemang hos kunden samt ev krav på fordon med låga emissioner inom det geografiska område där kunden är verksam (miljözoner).

LB30-projektet har genomförts av en projektgrupp med representanter från Vattenfall AB, Sydgas AB, Göteborg Energi AB och Volvo Lastvagnar AB samt med finansiellt stöd från NUTEK.

Slutrapporten har sammanställts av Svenskt Gastekniskt Center AB.

SUMMARY

The purpose of the LB30-project was originally to co-ordinate the introduction of 50 NGV lorries in Sweden. 30 of these should be equipped for natural gas and 20 for bio gas. The introduction of the bio gas vehicles could not be arranged within the LB30-project. This may be the task of future projects run by other partners.

The purpose of the project was also to supply potential users of NGV-lorries, lorry manufacturers and the gas industry with information about the use of heavy natural gas vehicles. Experiences regarding economic, technical and environmental parameters should be clarified and the beginning of a refuelling infrastructure should be developed.

The LB30-project was started in 1994 and 30 natural gas lorries (Volvo FL10) have been taken into operation since the start. The natural gas distributors have commissioned two refuelling stations with the objective of serving the customers within the project. A number of supplementary refuelling stations have also been taken into operation during the project.

The vehicles have, in most cases, well satisfied the customers needs and expectations. The vehicles have in general received good grades by the drivers and the owners.

The vehicles have very low emissions of particles, carbonmonoxide and other hazardous compounds (e g heavy hydrocarbons) and this makes them suitable for use in urban environment. The vehicles also have lower emissions of greenhouse gases than diesel vehicles.

The hydrocarbon emissions are initially very low but increase during the operation of the vehicle to levels that in some cases exceed the values stated in EUROII for emissions from diesel engines in heavy vehicles. The hydrocarbon emissions mainly comprise methane. The emissions of nitrogen oxides have also increased during the operation. This may to some extent be caused by increasing heating value in the natural gas.

Further development work is required in order to improve the control system for the engines, thus reducing the emissions of methane and nitrogen oxides. The catalyst technology must also be improved in order to extend the active lifetime of the catalyst.

The life cycle cost for a vehicle in the LB30-project has been calculated to be 17% higher than for a corresponding diesel vehicle (incl taxes and other fees). The corresponding difference disregarding taxes and fees is 36%.

The use of natural gas vehicles is normally motivated by an environmental concern within the Swedish transport industry and the prospect of introduction of stricter emission levels for vehicles operating within sensitive urban areas.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 BAKGRUND	1-7
2 MÅL	2-8
3 PROJEKTSTRUKTUR	3-9
3.1 Organisation	3-9
3.2 Myndighetskontakter	3-10
3.3 Finansiering	3-10
3.4 Teknikupphandling	3-11
3.4.1 Scania	3-12
3.4.2 SISU	3-12
3.4.3 Volvo	3-12
3.4.4 Slutförhandlingar	3-13
4 INFRASTRUKTUR	4-14
4.1 Erfarenheter - tankstationer	4-14
4.1.1 Tankstation i Malmö	4-14
4.1.2 Tankstation Falutorget - Göteborg	4-16
4.2 Erfarenheter - betalsystem	4-17
4.2.1 Betalsystem - Malmö	4-17
4.2.2 Betalsystem - Göteborg	4-18
5 FORDON	5-19
5.1 Teknikutveckling	5-19
5.1.1 Motorkoncept	5-19
5.1.2 Prestanda	5-19
5.1.3 Emissioner	5-19
5.1.4 Tanksystem	5-20
5.2 Drifterfarenheter	5-21
5.2.1 Körsträckor	5-21
5.2.2 Gasförbrukning	5-22
5.2.3 Service och reparationer	5-23
5.2.4 Driftstörningar	5-23
5.2.5 Körbarhet	5-23
6 MARKNAD	6-26
6.1 Marknadsaktiviteter	6-26
6.1.1 Marknadsaktiviteter i Göteborg	6-26
6.1.2 Marknadsaktiviteter i Malmö	6-27

Innehållsförteckning

6.2 Kunder	6-27
6.3 Marknadsbegränsningar	6-28
6.3.1 Fordonskostnad	6-28
6.3.2 Livscykelkostnad	6-28
6.3.3 Tillgång till fordon	6-29
6.3.4 Prestanda hos fordonen	6-29
6.3.5 Infrastruktur för tankning	6-29
6.3.6 Miljökrav	6-29
7 MILJÖ	7-30
7.1 Emissionsmätningar	7-30
7.1.1 Provtagning under körning på chassiedynamometer	7-30
7.1.2 Körcykler och mätmetoder	7-31
7.1.3 Analys av reglerade emissioner	7-33
7.1.4 Analys av icke reglerade emissioner	7-33
7.1.5 Resultat	7-34
7.1.6 Utsläpp av oreglerade ämnen	7-36
7.1.7 Övriga emissioner och hälsoeffekter	7-37
7.1.8 Slutsatser	7-38
7.2 CO₂-ekvivalenter ”from wells to wheels	7-38
7.2.1 Emissioner från bränslecykeln exkl. fordonet	7-38
7.2.2 Emissioner från fordonet	7-39
7.2.3 Emissioner från hela bränslecykeln	7-39
7.3 LCA (Life Cycle Assessment)	7-40
7.3.1 Emissioner från bränslecykeln exkl. fordonet	7-40
7.3.2 Emissioner från fordonet	7-40
7.3.3 Emissioner från hela bränslecykeln	7-41
7.3.4 Tillverkning av fordonet	7-41
7.3.5 Korrigering för olika lastförmåga	7-42
7.4 LCC (Life Cycle Costs)	7-42
7.4.1 Fordonskostnad	7-43
7.4.2 Drivmedelskostnad	7-43
7.4.3 Kostnader för service och reparation inkl förbrukningsmaterial, smörj-oljor etc.	7-43
7.4.4 Försäkringskostnader	7-44
7.4.5 Skrotningskostnad	7-44
7.4.6 Total livscykelkostnad	7-44
7.4.7 Livstidskostnader med beaktande av skatter och avgifter	7-44
8 SLUTSATSER	8-46
8.1 Infrastruktur	8-46
8.1.1 Göteborg	8-46
8.1.2 Malmö	8-46
8.2 Fordon	8-46
8.3 Miljö	8-47
8.4 Ekonomi	8-47

Innehållsförteckning

9 UTVECKLING	9-48
9.1 Utveckling av gasfordonssektorn i Sverige	9-48
9.2 Internationell utveckling	9-48
10 REFERENSER	10-50
11 BILAGOR	11-51

Bildförteckning

BILD 1 SISU	3-12
BILD 2 VOLVO FL10 I NATURGASVERSION	3-13
BILD 3 INVIGNING AV PUBLIK TANKNINGSSTATION FÖR NATURGAS I MALMÖ	4-15
BILD 4 TANKNINGSMODUL	5-20
BILD 5 STOCKHOLM MFO'S BIL MED SKYLIFT	6-28
BILD 6 GÖTEBORG ENERGIS FL10 MED FLAK	6-28
BILD 7 MÄTUTRUSTNING FÖR EMISSIONSMÄTNINGAR VID MTC	7-33

Figurförteckning

FIGUR 1 ORGANISATION FAS 1	3-9
FIGUR 2 ORGANISATION FAS 2	3-9
FIGUR 3 FINANSIERINGSFÖRDELNING LB30-PROJEKTET	3-11
FIGUR 4 GASFÖRBRUKNING HOS BL A LB30-KUNDER I MALMÖ UNDER 1997	4-16
FIGUR 5 ÅRLIG KÖRSTRÄCKA FÖR FORDON INOM LB30-PROJEKTET	5-21
FIGUR 6 BRÄNSLEFÖRBRUKNING FÖR FORDONEN INOM LB30-PROJEKTET	5-22
FIGUR 7 BRÄNSLEPRESTANDA OCH ÅRLIG KÖRSTRÄCKA FÖR FORDONEN INOM LB30-PROJEKTET	5-23
FIGUR 8 VRIDMOMENT- OCH EFFEKTKURVOR VOLVO TG/TD 103	5-24
FIGUR 9 RESULTAT FRÅN ANVÄNDARENKÄT	5-24
FIGUR 10 PÅBYGGNADSNALTERNATIV FÖR BILAR INOM LB30-PROJEKTET	6-28
FIGUR 11 13 MODE CYKELN INKLUSIVE VIKTSFAKTORER	7-31
FIGUR 12 BUSSCYKELN ("STOCHASTISCHER FAHRZYCLUS FÜR STADTLINIEN OMNIBUSSE")	7-32
FIGUR 13 EMISSIONER VID PROV I 13-MODE CYKEL	7-34
FIGUR 14 REGLERADE EMISSIONER VID PROV ENLIGT "BUSSCYKELN"	7-36
FIGUR 15 OREGLERADE EMISSIONER VID PROV ENLIGT "BUSSCYKELN"	7-37

Tabellförteckning

TABELL 1 KOSTNADSBUDGET LB30-PROJEKTET	3-11
TABELL 2 SAMMANFATTANDE KRAVPROFIL PÅ FORDON INOM LB30-PROJEKTET	3-11
TABELL 3 DRIFT- OCH UNDERHÅLLSKOSTNADER, TANKSTATION I MALMÖ	4-16
TABELL 4 SPECIFIKATION - TANKSTATION FALUTORGET	4-17
TABELL 5 MAXIMALA EMISSIONER FÖR VOLVO FL10 VID LEVERANS	5-19
TABELL 6 GASSAMMANSÄTTNING ANGIVEN I FÖRFRÅGAN TILL VOLVO	5-20
TABELL 7 MARKNADSAKTIVITETER INOM LB30-PROJEKTET	6-26
TABELL 8 KUNDER INOM LB30-PROJEKTET	6-27
TABELL 9 LAGSTADGADE EMISSIONSKRAV FÖR TUNGA FORDON I SVERIGE OCH EU (G/KWH VID PROV ENLIGT ECE R49)	7-30
TABELL 10 TIDPLAN EMISSIONSMÄTNINGAR	7-30
TABELL 11 FÖRESLAGNA GRÄNSVÄRDEN FÖR DIESEL- OCH GASMOTORER TESTADE ENLIGT ETC-PROCEDUREN (G/KWH)	7-35
TABELL 12 KOLVÄTEEMISSIONER UNDER MÄTOMGÅNG 2, 3:1 OCH 3:2	7-35

Innehållsförteckning

TABELL 13 GWP-FAKTORER FÖR VÄXTHUSGASER	7-38
TABELL 14 EKVIVALENTA CO ₂ -UTSLÄPP FRÅN BRÄNSLECYKELN EXKL. SLUTANVÄNDNING	7-39
TABELL 15 EKVIVALENTA CO ₂ -UTSLÄPP FRÅN BRÄNSLECYKELNS SLUTANVÄNDNINGSSTEG (UTSLÄPP FRÅN FORDONET)	7-39
TABELL 16 EKVIVALENTA CO ₂ -UTSLÄPP FRÅN HELA BRÄNSLEKEDJAN UTTRYCKT I G/KWH MOTORENERGI	7-40
TABELL 17 EMISSIONER FRÅN BRÄNSLECYKELN EXKL. SLUTANVÄNDNINGSSTEGET	7-40
TABELL 18 EMISSIONER FRÅN BRÄNSLECYKELNS SLUTANVÄNDNINGSSTEG (UTSLÄPP FRÅN FORDONET)	7-40
TABELL 19 EMISSIONER FRÅN HELA BRÄNSLECYKELN	7-41
TABELL 20 SKILLNAD I EMISSIONER VID TILLVERKNING AV EN CNG-LASTBIL RESP DIESEL- LASTBIL UTSLAGET PER KWH MOTORENERGI UNDER FORDONETS LIVSLÄNGD	7-42
TABELL 21 EMISSIONER FRÅN HELA BRÄNSLEKEDJAN KORRIGERAT FÖR MINSKAD LASTFÖR- MÅGA HOS CNG-FORDONET	7-42
TABELL 22 TOTAL LIVSCYKELKOSTNAD (EXKL. SKATTER OCH AVGIFTER)	7-44
TABELL 23 BRÄNSLEKOSTNAD MED OCH UTAN SKATT	7-45
TABELL 24 SKATTER OCH AVGIFTER FÖR DIESEL- OCH CNG-FORDON	7-45
TABELL 25 LIVSCYKELKOSTNADER INKL SKATTER OCH AVGIFTER	7-45
TABELL 26 NATURGASDRIVNA FORDON	9-49

Bilageförteckning

BILAGA 1 VOLVO FL10 - STYRSYSTEM FÖR GASMOTOR TG 103	11-51
BILAGA 2 VOLVO FL10 - SCHEMA FÖR VAGNENS INTERNA GASSYSTEM	11-51
BILAGA 3 EN ÄLSKAD BIT AV CENTRALA GÖTEBORG, HELSIDESANNONS I GÖTEBORGSPOSTEN AUGUSTI 1996	11-51

1 Bakgrund

Många städer, inte minst utomlands, har idag problem med luftföroreningar. Undersökningar visar att trafiken står för den övervägande delen av miljöfarliga utsläpp till luft. Intresset för alternativa, miljövänliga fordonsbränslen ökar därför starkt. Man inriktar sig på en ökad användning av miljövänligare bränslen och miljövänlig teknik till tunga fordon i stadstrafik.

Naturgas har visat sig ha stor potential som lågemissionsbränsle för tunga fordon. Driftresultat från Sverige och andra länder visar på betydligt lägre utsläpp av partiklar och NO_x , ämnen som till stor del bidrar till den dåliga stadsluften, jämfört med dagens bästa dieselfordon. Även utsläppen av oreglerade men skadliga ämnen, som aromater och aldehyder, minskar kraftigt. Resultaten från en LCA för naturgasdrivna tunga fordon har också visat sig utfalla till naturgasens fördel.

Önskemålen och kraven på miljövänligare fordon innebär att den långsiktiga marknaden för naturgasdrift av tunga fordon i Sydvästsverige är förhållandevis god.

Ett ökat användande av naturgas som fordonsbränsle kommer att innebära att även användningen av biogasfordon kommer att underlättas eftersom man använder sig av i stort sett identisk teknik i fordonen.

Naturgas har, till skillnad från de flesta andra alternativa bränslen, också goda ekonomiska förutsättningar. För att nå full kommersialitet krävs dock en större marknad för naturgasdrivna fordon, så att fordonstillverkarnas utvecklingskostnader kan slås ut på ett större antal fordon. Merkostnaden för inköp av naturgasfordon torde då bli ganska låg, och lönsamhet kan uppnås, såväl för fordonstillverkare som gasbolag och fordonsägare.

De svenska fordonstillverkarna tillverkar idag seriemässigt metangasdrivna bussar. Naturgasdrivna lastbilar finns det dock ännu inte någon etablerad marknad för.

2 Mål

LB30-projektet hette ursprungligen LB50-projektet och avsåg att samordna upphandlingen av ett 50-tal gasdrivna lastbilar i Sverige. En sådan volym ansågs var tillräckligt stor för att merkostnaderna för lastbilarna skulle kunna hållas på rimligt låg nivå. Av dessa 50 lastbilar skulle 30 st vara avsedda för naturgasdrift och 20 st för biogasdrift. Kravet på att 20 av fordonen skulle drivas med biogas ställdes som villkor av NUTEK för att de skulle ge finansiellt stöd till projektet. Projektets ledning var därför flera gånger i kontakt med representanter för biogasproducenter och potentiella användare av biogasdrivna fordon men trots detta så visade det sig att introduktionen av de 20 biogasfordonen inom projektet inte gick att arrangera utan detta kommer i stället ev att arrangeras inom andra projekt med andra aktörer. Orsaken till detta kan vara att biogasbranschen vid detta tillfälle saknade en tillräckligt kraftfull sammanhållande organisation som kunde motivera biogasproducenter och åkare att delta i projektet samt att tillgången till tankstationer för biogas ej var tillräcklig vid projektets start. I och med bortfallet av biogasfordonen döptes projektet om till LB30.

Syftet med projektet var att ge både potentiella gasfordonsanvändare, fordonstillverkare och gasindustrin erfarenheter från gasdrift av lastbilar. Samtidigt skulle ekonomiska, tekniska och miljömässiga aspekter klarläggas, och början till en infrastruktur byggas upp. Projektet innebar också att lastbilstillverkarna fick en möjlighet att utveckla en ny produkt, som även torde vara intressant för andra marknader än den svenska.

Flertalet användare av gasfordon inom projektet kör idag sin fordonsflotta i stadstrafik, och miljövinster vad gäller stadsluften finns därmed att hämta.

Generellt sett är syftet med gasdrift av distributionslastbilar i Sverige att uppnå miljöförbättringar. Därmed ansågs det vara

naturligt att staten deltog med stöd till detta projekt, som är att betrakta som ett pilotprojekt för gasdrivna lastbilar i Sverige.

LB30-projektet har genomförts som ett samarbetsprojekt mellan Vattenfall AB, Sydgas AB, Göteborg Energi AB och Volvo Lastvagnar AB samt med finansiellt stöd från NUTEK.

3 Projektstruktur

Diskussionen om miljözoner i större svenska städer väckte tidigt intresset för gasdrivna fordon hos Göteborgs- och Malmö Stad och det är också dessa som står som beställare till projektet.

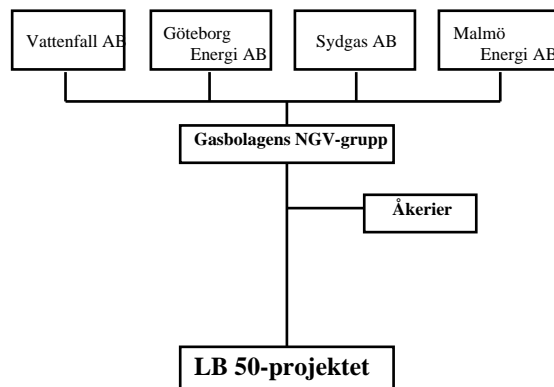
3.1 Organisation

LB30-projektet har sin upprinnelse i den NGV-grupp som de svenska gasbolagen bildade i början på 90-talet (NGV = Natural Gas Vehicle). Deltagare i denna grupp var

- Vattenfall AB
- Malmö Energi AB
- Sydgas AB
- Göteborg Energi AB

Gruppen formulerade projektförutsättningarna, som sedan diskuterades med personer inom åkerinäringen, Volvo och NUTEK.

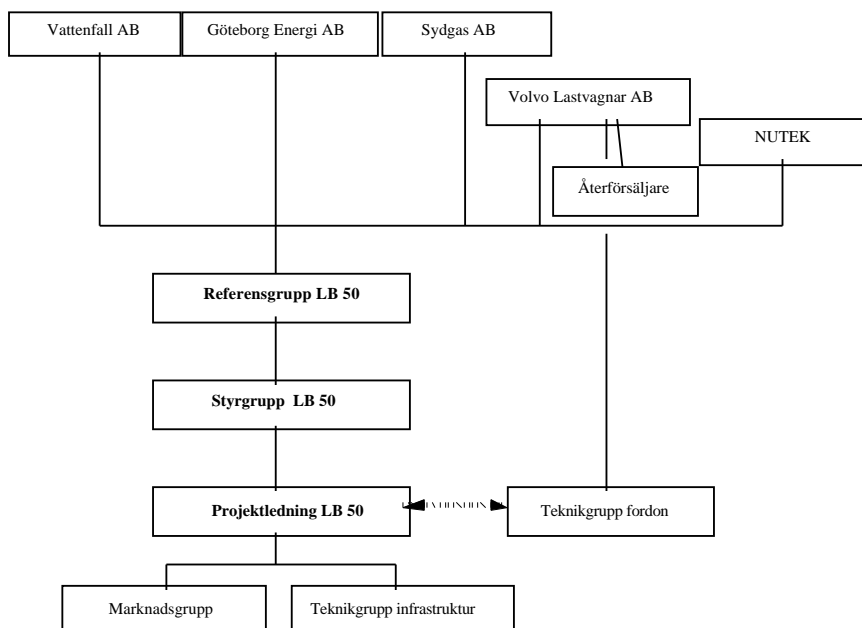
För genomförande av första fasen, upphandlingen, skapades enklast möjliga organisation (se Figur 1).



Figur 1 Organisation fas 1

För att kompensera bristen på kunskap om lastbilar och vilka behov dessa skulle täcka inbjöds några sakkunniga från åkeribranschen. Huvudsakligen bidrog Skånemejerier och Göteborgs Renhållningsverk med sakkunskap.

Då projektet tog allt fastare former och upphandlingen var klar, krävdes en förstärkning av organisationen och en mer formell organisationsstruktur utformades, se Figur 2. Förändringen var även nödvändig för att uppfylla NUTEK's förutsättningar.



Figur 2 Organisation fas 2

Projektstruktur

En projektledare utsågs och genomförandet utfördes i de två arbetsgrupperna för marknad och infrastruktur.

Avtal upprättades mellan de operativa parterna, Vattenfall AB, Göteborg Energi AB och Sydgas samt Volvo Lastvagnar AB. Dessa parter tillsatte representanter i en styrgrupp.

Till referensgruppen kallades alla ingående parter i projektet. Dessutom inbjöds aktörer från biogasproducenterna.

Volvo utsåg en egen teknikgrupp för utveckling av motorpaketet med bränslesystem. Denna grupp samarbetade med projektet. Likaså skedde ett nära samarbete mellan Volvo och gasbolagen vid försäljningen av fordon och drivmedel.

3.2 Myndighetskontakter

Redan i juni 1992 skickade Göteborgs stad in en ansökan till dåvarande TFB (Transportforskningsberedningen) om stöd till miljöanpassade fordon i Göteborg. Man hade då haft kontakter med Volvo som hade bekräftat att en produktionsvolym i storleksordningen 50 fordon skulle räcka för att starta en produktion av lastfordon optimerade för metangas. Ambitionen var att inom två år ha igång 50 gasdrivna lastfordon i Malmö och Göteborg.

TFB hade då inga medel avsatta för gasformiga bränslen utan ansökan slussades i stället vidare till NUTEK. NUTEK remissade 930330 ansökan till Scania, Volvo och Statens Naturvårdsverk för att ta fram ett beslutsunderlag. De frågetecken man hade gällde främst

- nivå för kolväteemissioner från gasfordon
- intresse från fordonsleverantörer att offerera gasfordon i serier upp till 50 st.
- bullernivåer från gasfordon
- möjligheter till en framtida marknad för gasfordon i Sverige och utlandet

Svaren på remissen inkom under våren 1993 och gav en så pass positiv bild av projektets möjligheter att lyckas, att man i september 1993 beslutade sig för att stödja projektet. Man ställde dock bl a krav på att projektet skulle redovisa hur fordonen skulle utvärderas och hur samordning skulle ske med det program för biogasbussar som KFB genomförde i Trollhättan. NUTEK fattade 940606 ett slutgiltigt beslut som innebar att man gick in med ett stöd till projektet på drygt 5 miljoner kronor. NUTEK's syfte med stödet till projektet var att skapa en förutsättning för introduktion av gasdrivna fordon på den svenska lastbilsmarknaden. Stödet beviljades under ett antal förutsättningar varav de viktigaste sammanfattas nedan.

- Avgasemissionerna från fordonen skulle uppfylla de krav som redovisas i Tabell 2. Vid flera konkurrerande anbud skulle anbudet med de lägsta emissionerna prioriteras.
- LCA och LCC-beräkningar skulle genomföras för fordonen. Beräkningarna skall presenteras exklusive skatter och avgifter.
- Fordonen skall kunna användas för både naturgas- och biogasdrift
- Total klimatpåverkan (CO₂-ekvivalenter) skulle presenteras för fordonen i jämförelse med samma fordon med citydiesel som bränsle.

Förutom dessa krav, ställdes ett antal administrativa krav på projektet. NUTEK fick möjlighet att påverka projektet genom deltagande i projektets styrgrupp.

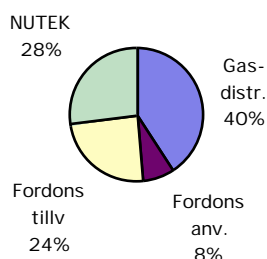
3.3 Finansiering

Projektet hade ursprungligen en budget på knappt 19 Mkr. Kostnadsbudgeten framgår av Tabell 1:

Tabell 1 Kostnadsbudget LB30-projektet

Kostnadslag	Mkr.
Infrastrukturuppbyggnad	4,8
Merkostnad för lastbilar	6,0
Teknikutvecklingskostnader för fordonstillverkare	4,5
Emissionstester, testprogram	2,4
Projektadministration	1,2
Totalt	18,9

Projektet har finansierats av gasdistributörer, fordonsanvändare, fordonstillverkare och NUTEK enligt diagrammet i Figur 3.



Figur 3 Finansieringsfördelning LB30-projektet

NUTEKs andel av finansieringen uppgick till knappt 28% av den totala projektkostnaden.

3.4 Teknikupphandling

Anbudsfrågan sändes ut den 15 februari 1994 till fem lastvagnstillverkare - Volvo, Scania, SISU, Mercedes och Iveco.

En sammanfattning av de krav som ställdes i upphandlingen visas i Tabell 2.

Tabell 2 Sammanfattande kravprofil på fordon inom LB30-projektet

Fordon	Lastbil mellan 18 och 25 tons skattevikt.
Motorprestanda	Motorn skall ha prestanda jämförbar med till fordonet anpassad dieselmotor. Effekt 250 hk.
Miljöprestanda	Låga emissioner har högsta prioritet. Följande maximala emissionsvärden enligt ECE R49 skall innehållas. NO _x 2,0 g/kWh varav NO ₂ 0,5 g/kWh HC (tot) 1,1 g/kWh varav NMHC max 0,2 g/kWh CO 0,3 g/kWh Partiklar 0,05 g/kWh CO ₂ som diesel eller bättre
Växellåda	Lastbilen skall kunna fås med manuell eller automatisk växellåda.
Axlar	Axelavstånd skall vara valbart. Enkel bakaxelväxel, valbar utväxling.
Fjädring	Luft skall vara möjligt att välja.
Bränsletank	Minimum 30 mils aktionsradie skall klaras i basutförande. Gastankarna skall vara av stål i basutförande. (Not: Omförhandlades senare)
Hytt	Kort hytt.
Extrautrustning	Extrautrustning, t ex eldriven kylutrustning, eller kupévärmare måste kunna köras samtidigt som tankning pågår.
Allmänt	Samma garantier och serviceavtal som vid dieseldrift skall erbjudas.
Övrig utrustning	Övrig utrustning, t ex hyttkomfort, bromsar etc skall kunna väljas som för motsvarande dieselfordon.

Projektstruktur

DAF hade i ett tidigare skede av projektet tackat nej till att medverka.

Då anbudsfrågan studerats av anbudsgivarna tackade Iveco nej till att lämna anbud, framför allt baserat på resursbrist och att Iveco inte ansåg sig konkurrenskraftiga inom detta speciella marknadssegment.

Anbud kom in från Volvo, Scania och SISU. Ett brev med kompletterande frågor sändes ut och besvarades av de tre anbudsgivarna. Därefter anordnades ett möte mellan var och en av leverantörerna och projektets utvärderingsgrupp. Syftet var att diskutera anbudens innehåll och begära in saknade uppgifter för att därefter kunna välja ut två leverantörer för fortsatta förhandlingar.

3.4.1 Scania

Scanias offert grundades på den utveckling man gjort på bussidan för att kunna leverera 250 bussmotorer till Australien. I princip samma motor offererades i LB30-projektet.

Scanias goda referenser och den väl fungerande service- och underhållsorganisationen borgade för att den produkt som erbjöds marknaden skulle få ett gott mottagande. Emissionsmässigt uppfylldes dock ej de krav som ställdes i projektet och Scania ansåg sig vid det tillfället ej ha resurser att vidareutveckla motorerna så att de uppfyllde ställda emissionskrav.

3.4.2 SISU

Den finska fordonsleverantören SISU visade ett stort engagemang i projektet under upphandlingsfasen. Emissionsmässigt visade den offererade bilen med Cumminsmotor, mycket bra värden.



Bild 1 SISU

Kundernas reaktion var dock ej odelat positiva och man ansåg ej att bilarna uppfyllde de krav som ställs på ett tungt fordon i stadstrafik. SISU är huvudsakligen inriktade på att leverera fordon till tung anläggningsverksamhet. Kraven på komfort, vibrationsdämpning, fjädring, insteg osv är helt annorlunda för ett fordon i distributionstrafik i en tätort.

Förutom lastbilens utformning var kunderna mycket tveksamma till hur service och underhållsverksamhet skulle bedrivas. Det fanns ingen etablering i södra eller västra Sverige och SISU kunde inte heller presentera hur detta skulle organiseras. Efter 1 april 1994 slutade SISU att bearbeta den svenska marknaden avseende LB30-projektet.

3.4.3 Volvo

Volvos anbud till projektet, uppfyllde efter kompletteringar, de krav som ställdes inom projektet avseende

- emissionsnivåer
- service- och underhållsverksamhet
- garantier
- kundanpassning
- etc

Merkostnaden för varje fordon översteg dock kraftigt den förväntade. Volvo var trots detta den tillverkare som ansågs ha bäst förutsättningar att klara de krav som projektet ställde på en fordonsleverantör.



Bild 2 Volvo FL10 i naturgasversion

3.4.4 Slutförhandlingar

Efter att tagit del av alla anbuden konstaterades att de anbud som inkommit från SISU och Scania visade att projektet troligen ej skulle kunna genomföras med dessa fordon. LB30-gruppen valde därför att inleda slutförhandlingar med Volvo. Förhandlingarna med Volvo inriktades mot att få till stånd en lösning för finansieringen av projektet. Övriga krav ställda i förfrågningsunderlaget uppfylldes av Volvo. Förhandlingarna gav ett positivt resultat och en projektöverenskommelse undertecknades 10 juni 1994 mellan LB30-projektet och Volvo avseende leverans av fordonen inom projektet.

4 Infrastruktur

Då projektet startades 1993 fanns inga snabbtankningsstationer för naturgas i Sverige. Sydgas och Göteborg Energi AB beslutade därför att bygga vardera en tankningsanläggning vars huvudsakliga uppgift var att försörja lastbilarna inom LB30-projektet. Anläggningarna placerades på Nobelvägen i Malmö, i anlutning till Sydgas huvudkontor, och på Falutorget i Göteborg, i anlutning till den gamla gasklockan. Stationerna är öppna dygnet runt och debiteringen av kunden sker via kortsystem.

4.1 Erfarenheter - tankstationer

En tankningsstation för gasdrivna fordon består i huvudsak av en eller flera kompressorer som komprimerar gasen till det önskade trycket. Man låter normalt kompressorerna fylla ett mellanlager till ett något högre tryck än det som man önskar ha i fordonets tankar. När ett fordon tankas strömmar gas över från mellanlagret samtidigt som kompressorerna arbetar.

4.1.1 Tankstation i Malmö

CNG-verksamheten i Malmö startade 1989 då den första natugaskompressorn installerades, en Nuovo Pignone BVTN/3 med kapaciteten 850 nm^3/h . Kompressorn kopplades samman med ett mindre tanklager på 960 liter och försörjde de tre första naturgasbussarna som gick i linjetrafik i Malmö. 1994 utökades anläggningen med en andra kompressor och 1996 kom kompressor nr 3, alla tre av samma typ. Utökningen av anläggningen orsakades av ökat antal gasdrivna bussar i Malmö.

1996 installerades också ett större tanklager och styrning av kompressorerna ändras till PLC-system, vilket innebär att kompressorernas drifttider kan optimeras med avseende på elpriser och behov av gas hos de olika fordonsparkerna.

Gasen tas in till anläggningen med 10 bars tryck. För att gardera sig mot driftstörningar finns en sfärisk behållare med en volym på 2 500 m^3 , vilken är ett beredskapslager som kan användas vid gasavbrott på ledningen till anläggningen eller om fukthalten i gasen av någon anledning skulle stiga. Detta gaslager är främst dimensionerat för att kunna leverera stadsgasersättning i Malmö vid ett avbrott på naturgastillförseln.

Det finns möjligheter till torkningen av gasen före kompression. Normalt levereras en naturgas med en fukthalt på c:a 14 mg/Nm^3 vilket motsvarar en daggpunkt på -25°C vid 200 bar. Under vissa tider vintertid kan emellertid en gas med högre fukthalt leveras och då finns möjlighet att torka gasen före kompression. Torken är dimensionerad att klara en vintersäsong och därefter regenereras på sommaren. Regenereringen sker med torkad het luft. Denna regenerering kan göras ett antal gånger och därefter byts torkmassan i torken ut.

Högtrycksdelen av tankningsanläggningen försörjs av tre stycken trestegs kolvkompressorer med vardera en kapacitet på 850 Nm^3/h . Kompressorerna är tillverkade av Nuovo Pignone i Florens, Italien.

Kompressorerna består av två stycken dubbelverkande kolvar. Gasen kyls efter varje kompressionssteg i luftkylare, och har efter kompression en temperatur c:a 10°C över lufttemperaturen.

Efter kompressorerna finns högtryckslager med ett maximalt tryck på upp till 275 bar och en volym på 8 500 l. Efter högtryckslagret finns möjlighet till eftervärmning av gasen till de två utgående rörledningarna. Efter värmarna finns oljeseparatorer för att ta bort eventuell smörjolja som kan komma från kompressorerna och slutligen sker en tryckreglering av gasen ut till fyllningsutrustningen. Den publika fyllningsanläggningen består av 2 st dubbeldispensrar. Varje dispenser har två massflödesmätare av Coriolistyp av Fisher Rosemounts fabrikat DH 038S med elektronikenheten inbyggd i dispensern. Anläggning är obemannad med daglig tillsyn för kontroll av utrustningen.

Dispensersystemet har levererats av Hahnemann Teknik och CODAB AB har levererat kortläsningssystemet och kabinett till dispensern.



Bild 3 Invgning av publik tankningsstation för naturgas i Malmö

Den publika stationen invigdes 1996 och betjänar för närvarande ett hundratal fordon. TS-Taxi har ca 55 naturgastaxi av typ Volvo 850/V70 Bi Fuel. Med en 80 liters tank med 200 bar kan dessa köra 18 mil stadstrafik eller 24 mil landsväg. Under normala förhållanden innebär detta att bilarna tankas 2 eller 3 gånger varje dygn. Totalt innebär det en gasförbrukning på ca 40 000 m³ i månaden för samtliga gasdrivna taxibilar.

Inom LB30-projektet var följande fordon placerade i Malmö vid årsskiftet 96/97:

- **Skånemejerier** : 2 st Volvo FL 10 i gasversion, med 5 st 102 liters behållare
- **Åkeri AB Nilsson och Lunds Renhållningsverk** : Vardera 1 st Volvo FL 10 med 10 st 102 liters behållare
- **Gustaf Perssons Åkeri** : 1 st Volvo FL 10 , med 5 st 102 liters behållare

De 4 lastbilarna i Malmö förbrukade under slutet av 1996 tillsammans ca 3 500 m³ naturgas i månaden.

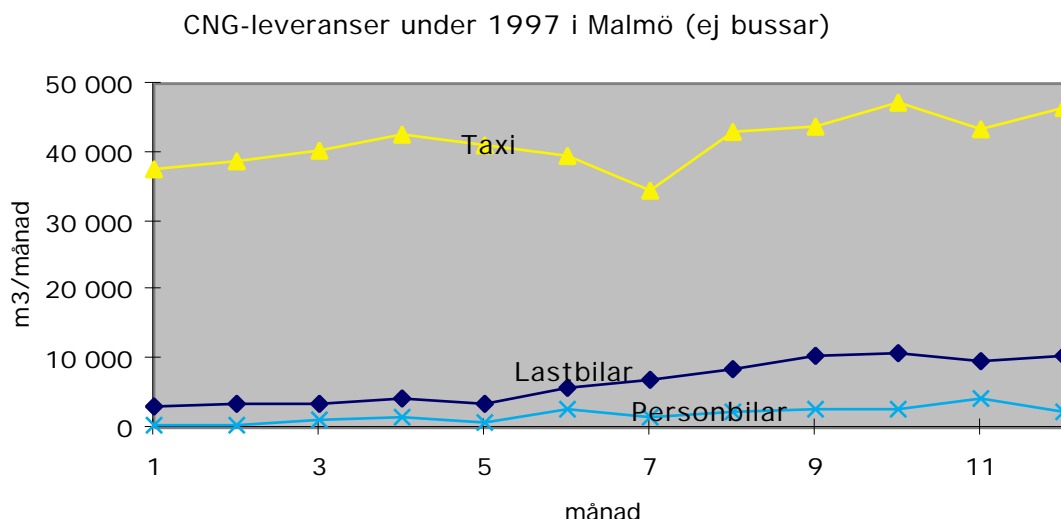
Under 1997 har ytterligare bilar tillkommit i Malmö, vilket gjort att gasanvändningen ökat upp mot 10 000 m³ i månaden (se Figur 4)

4.1.1.1 Gaspris

Gaspriset till LB30-kunderna i Malmö beräknas enligt en formel som bl a innebär att gaspriset är direkt proportionellt mot priset på dieselolja. Priset regleras varje månad enligt SCB's statistik. Vidare regleras priset med avseende på det värmevärde som gasen har under den gångna månaden. Sedan 1993 har värmevärdet för den danska naturgasen stigit med ca 1,3% (Referens 5). Medelpriset har under 1997 varit 4,34 kr/nm³ vilket motsvarar 395 kr/MWh. Motsvarande pris för dieselolja har under 1997 varit 428 kr/MWh

4.1.1.2 Gasleveranser

Totalt levererades under 1997 ca 55 000 Nm³/månad naturgas vid tankstationen i Malmö. Av dessa gick ca 16% eller 9 000 nm³/månad till fordonen inom LB30-projektet. Resterande 46 000 nm³/månad gick huvudsakligen till taxi och några andra mindre användare. Utvecklingen av gasförsäljningen till LB30-fordonen redovisas i Figur 4 nedan



Figur 4 Gasförbrukning hos bl a LB30-kunder i Malmö under 1997

4.1.1.3 Elförbrukning

Elförbrukning för komprimering är 0,2 kWh/Nm³ vilket motsvarar ca 1,8% av gasens energiinnehåll.

4.1.1.4 Service

Service för den publika stationen i Malmö består i att städa av macken samt att se till att torkpapper och kvittopapper finns. Detta görs varje dag. Personalbehovet för hela kompressorinstalleringen är beräknad till ett manår/år för hela CNG anläggningen med tankningsutrustning till 107 bussar och en total omsättning på 40 GWh. Utslaget per m³ CNG i Malmö ger det kostnader enligt Tabell 3.

Tabell 3 Drift- och underhållskostnader, tankstation i Malmö

	kr/ m ³
El	0,2
Reservdelar	0,05
Extern servicepersonal	0,05
Sydgas egen personal	0,2
Totalt	0,5

Drift och underhållskostnaderna motsvarar ca 12% av gaspriset till kund.

4.1.1.5 Driftstörningar och reparationer

Driftstörningarna består mestadels av att fordonen kör i väg med slangen kopplad till fordonet. I inledningsfasen kom en del smuts med gasen och störde avstängningsventilerna i dispenseren och påfyllningsmunstyckena. Dessa problem avtog efter c:a två månader. Under de två och ett halvt år som anläggningen har varit i drift, har inga driftavbrott förekommit. Sydgas har endast positiva erfarenheter av av kunderna. Några små problem är att det saknas en toalett på tankningsstationen och att det ibland har förekommit problem med kvittoskrivaren. I övrigt har inga klagomål förekommit.

4.1.2 Tankstation Falutorget - Göteborg

Stationen invigdes 1995 för att betjäna fordonen inom projektet. Den har senare kompletterats med ytterligare en kompressor samt lager och har idag specifikation enligt Tabell 4:

Tabell 4 Specifikation - Tankstation Falutorget

<p>Leverantör: Compair Reavell Kapacitet: 2 x 196 Nm³/h vid 250 bar Lager: 925 Nm³ i 40 flaskor av fabrikat Mannesmann.</p> <p>Tankningstid för en lastbil är normalt ca 10 min.</p>

Kompressorerna är av oljesmord typ. Komprimeringen från 4 till 250 bar sker i fyra steg. Kompressorerna har fungerat mycket väl, trots att stationen idag är relativt hårt belastad.

Anläggningen vid Falutorget har i dag (september 1998) fått två efterföljare, en tankningsanläggning i Marconimotet och en anläggning på Hisingen, och ytterligare tankningsanläggningar planeras i Göteborg.

4.1.2.1 Gaspris

Gaspriset till fordonsägare inom LB30-projektet har varit samma som i Malmö, se 4.1.1.1

4.1.2.2 Gasleveranser

Gasleveranserna i Göteborg sköts i samarbete mellan Göteborg Energi och Hydro. I det debiteringssystem som Hydro använder sig av så har det inte gått att särskilja gasleveranserna till LB30-kunder från gasleveranser till övriga kunder. En stor del av "göteborgsbilarna" inom LB30-projektet (renhållningsverkets fordon) tankas via ett långsamtankningssystem vilket ytterligare försvårat uppföljningen av gasleveranserna. Individuella bränsleförbrukningssiffor för fordonen i Göteborg presenteras i 5.2.2

4.1.2.3 Elförbrukning

Elförbrukningen för stationen inklusive hjälpsystem är ca 0.35 kWh/Nm³ vilket motsvarar 3% av energivärdet av den komprimerade gasen.

Skillnaden i elförbrukning gentemot tankstationen i Malmö (se 4.1.1.3) beror huvudsakligen på att inloppstrycket till tankstationen i Malmö är 10 bar medan det i Göteborg är 4 bar.

4.1.2.4 Service

Någon uppföljning av servicekostnaderna för tankningssystemet i Göteborg har ej genomförts.

4.1.2.5 Driftstörningar och reparationer

Ett planerat driftavbrott av betydelse har inträffat då en koppling mellan elmotor och kompressor byttes ut med anledning av sprickbildning i kopplingen, samt ett totalt stopp över en helg då betalsystemet slogs ut p.g.a. blixtnerslag i telesystemet.

4.2 Erfarenheter - betalsystem

Tankning av naturgas i Sverige sker med någon form av kortsystem och kontant betalning är mindre vanligt. Det förekommer dock på de stationer där gasförsäljning sker på bemannade tanksatationer i anslutning till befintliga bensinstationer. Tankningsanläggningarna i Malmö och Göteborg arbetar med olika typer av betalsystem. I Göteborg använder man sig av samma betalsystem som Volvo och Norsk Hydro medan man i Malmö använder sig av ett eget kortsystem. Samma kort som i Malmö kan även användas för att tanka gas i Falkenberg, Lund och Eslöv medan den som har Volvo- eller Hydrokort även kan tanka gas på Hydrostationen vid Marconimotet i Göteborg och vid en tankningsanläggning i anlutning till Volvos anläggningar på Torslanda.

4.2.1 Betalsystem - Malmö

Den publika stationen på Nobelvägen i Malmö har två dispensrar med vardera två oberoende slangar. Från elektronikenheterna på flödesmätarna går flödessignaler till en display som visar

Infrastruktur

mängden naturgas och det pris kunden skall betala.

Elektronikenheterna samlar upp all tankningsinformation. Varje dygn överförs information, genom ett telefonmodem till en dataserver i Sydgas kontrollrum. Varje månads tankningar behandlas i ett Windows Access program där debiteringsunderlagen kan köras ut. Räkningar till kunderna skickas ut varje månad, baserat på underlaget från tankningsanläggningen. Betalningssystemet har fungerat utan anmärkningar sedan driftstart.

4.2.2 Betalsystem - Göteborg

Från början utrustades stationen med ett enkelt kortsystem, som tillät maximalt 100 anslutna kunder och som begränsades till denna station. Detta gjordes fullt medvetet i väntan på ett beslut om vilket betalkortsystem som skulle användas i framtiden.

Ganska snart kom kraven, framför allt från kunder utanför LB-30 projektet, att ett mer avancerat kortsystem skulle användas. Flera alternativ utkristalliserades och den stora frågan var om Göteborg Energi skulle ansluta sig till Sydgas kortsystem, bygga upp ett eget eller söka samarbete med något oljebolag, och i så fall vilket.

En tydlig ambition från Göteborg Energi var att bygga upp en fungerande infrastruktur med motsvarande servicenivå som konkurrenterna och då blev det i praktiken nödvändigt att utnyttja och samarbeta med ett oljebolag. Valet föll på Norsk Hydro, som dessutom hade den fördelen att samarbeta med Volvofinans som administrerar Volvokortet. Det är nu Hydrokortet och Volvokortet som kan användas i Göteborg med omnejd.

Betalsystemet i Göteborg har fungerat utan anmärkningar förutom ett större driftavbrott som uppträdde i samband med ett åskväder (se 4.1.2.5)

5 Fordon

Fordonen i projektet härstammar motortekniskt från det utvecklingsarbete som lades ner för att få en väl fungerande gasmotor till de gasbussar som trafikerar bl a Göteborg, Lund och Malmö. Chassiet härstammar från Volvos FL10-serie.

5.1 Teknikutveckling

Det teknikutvecklingsarbete som genomförts inom projektet har främst inriktats mot

- Motor
- Tankar
- Gasförsörjning

5.1.1 Motorkoncept

TG 103 är en av Volvos standard dieselmotorer (TD103) konverterad till gasdrift. Motorn är turboladdad och laddluftkyld. Konverteringen innebär att motorn gjorts om till en Ottomotor, vilket medför att hela bränslesystemet för diesel är avlägsnat och att motorn försetts med tändstift och tändspolar, de senare placerade direkt på tändstiften.

Gasen tillförs motorns insugningsluft i en gasblandare belägen omedelbart före motorns inloppsrör. Före gasblandaren finns en värmd tryckregulator, vilken håller ett konstant tryck (10 bar) och en konstant temperatur på gasen in till motorn.

På gasblandaren sitter fyra elektroniskt styrda gasventiler för dosering av gasmängden. För effekttreglering är en trottell placerad strax nedströms gasblandaren. Denna trottell är elektriskt styrd av gaspedalen. För att få önskad momentkurva är motorn försedd med elektroniskt styrd waste-gate ventil på turboaggregatet.

En oxiderande katalysator är integrerad med ljuddämparen för att sänka halten av oförbrända komponenter som kolmonoxid och kolväten.

Motorn är dessutom försedd med ett antal sensorer och elektroniska system för styr-

ning av tändning, gasflöde samt laddtryck (se bilaga 1)

5.1.2 Prestanda

Motorn har slagvolymen 9,6 l och ger en effekt av 250 hk vid 2000 varv per minut. Maximalt vridmoment är 1150 Nm vid 1200 varv per minut.

Motorns bränsleförbrukning har mätts under emissionsproven (Referens 1) och är under prov i Braunschweigcykel (se 7.1.2) ca 420 g/km. Vid prov enligt ECE R49 uppvisar motorerna en bränsleförbrukning på mellan 250 och 260 $g_{\text{diesel eq}}/\text{kWh}$. Data för motsvarande motor och fordon med dieseldrift saknas under motsvarande betingelser (körning i chassiedynamometer). Normalt är energiförbrukningen ca 15 - 25% högre i ett gasdrivet fordon jämfört med motsvarande fordon avsett för dieselbränsle.

5.1.3 Emissioner

Motorn (inklusive oxiderande katalysator) uppfyller vid leverans emissionskrav enligt Tabell 5. Emissionerna är mätta enligt ECE R49 och med kWh avses kWh motorenergi.

Tabell 5 Maximala emissioner för Volvo FL10 vid leverans

NO _x	2,0	g/kWh
THC	1,1	g/kWh
CO	0,3	g/kWh
PM	0,05	g/kWh

Angivna emissioner gäller vid drift på dansk nordsjögas med sammansättning enligt Tabell 6:

Tabell 6 Gassammansättning angiven i förfrågan till Volvo

	mol-%
Metan	91,0
etan	5,1
propan	1,8
iso-butan	0,35
n-butan	0,5
iso-pentan	0,15
n-pentan	0,1
hexan	0,1
kväve	0,3
koldioxid	0,6
relativ densitet	0,62
Wobbeindex	15,3 kWh/m ³
undre värmevärde	39,24 kWh/m ³

Sammanställningen på den danska nord-sjögasen förändras ständigt och under här aktuell provperiod har bl a gasens värmevärde ökat (Referens 5) med 1,6%. Detta påverkar i första hand kväveoxidemissionerna som ökar vid ett ökande värmevärde eftersom då luftöverskottet minskar. Detta kan vara en bidragande orsak till förändrade kväveoxidemissioner hos fordonen (se 7.1.5)

5.1.4 Tanksystem

LB30-projektets FL10:or är försedda med gastankar i aluminiumkomposit. Tankningstrycket är 200 bar vid +15°C, max arbetstryck är 250 bar (se bilaga 2). Varje gastank rymmer 102 l. Tankvolymen för fordonet har anpassats till respektive kund. De levererade vagnarna har mellan 408 och 1020 l gastankvolym. Tankarna har installerats på två olika sätt i fordonen. En variant har fem tankar stående på chassieramen mellan hytt och påbyggnad. Denna variant har använts för sopvagnar samt vagnar med lastväxlare. För distributionsvagnar har gastankarna placerat på chassieramen i konsoler täckta av skyddsplåtar. Varje konsol kan innehålla fyra gastankar. De yttre skyddsplåtarna är förstärkta för att kunna fungera som sidopåkörningsskydd. Varje gastank är försedd med manuell avstängningsventil med integrerad temperatursäkringsventil samt flö-

despåverkade rörbrottsventiler. Till temperatursäkringen är en evakueringsledning kopplad som mynnar ut i överkant på fordonet. Alla högtrycksrör är av rostfritt material för att undvika korrosion vid kondens och frysning. Gasvagnarna är också försedda med en tankningsmodul i form av en rostfri box med låsförsett lock.



Bild 4 Tankningsmodul

Tankningboxen innehåller påfyllningsnippel typ NGV1, manuell avstängningsventil samt manometer. Boxen är försedd med en induktiv givare som är kopplad som startspärr så att motorn ej kan startas under tankning.

Gasvagnarna är försedda med en tryckregulator som är ansluten mellan gastankarna och motorns gasmixer som skall matas med 10 bars tryck. Den valda tryckregulatorn är en balanserad tvåstegsregulator med integrerad överströmingsventil, magnetventil samt högtrycksgivare som används som tankmätare.

Efter tryckregulatorn finns ytterligare en magnetventil som aktiveras av påslagen tändning.

Högtrycksmagnetventilen aktiveras av motorns oljetryck och startnyckelns krankningsläge. Denna inkoppling av högtrycksmagnetventilen förhindrar att gas

strömmar ut vid ett eventuellt motorhaveri, krock mm.

I lågtrycksdelen (10 bar) används gasresistent gummislang med presskopplingar av samma typ som används för hydraulik-slang.

Gastanksintallationen följer Vägverkets regler i författningssamling VVFS 1997:3

5.2 Drifterfarenheter

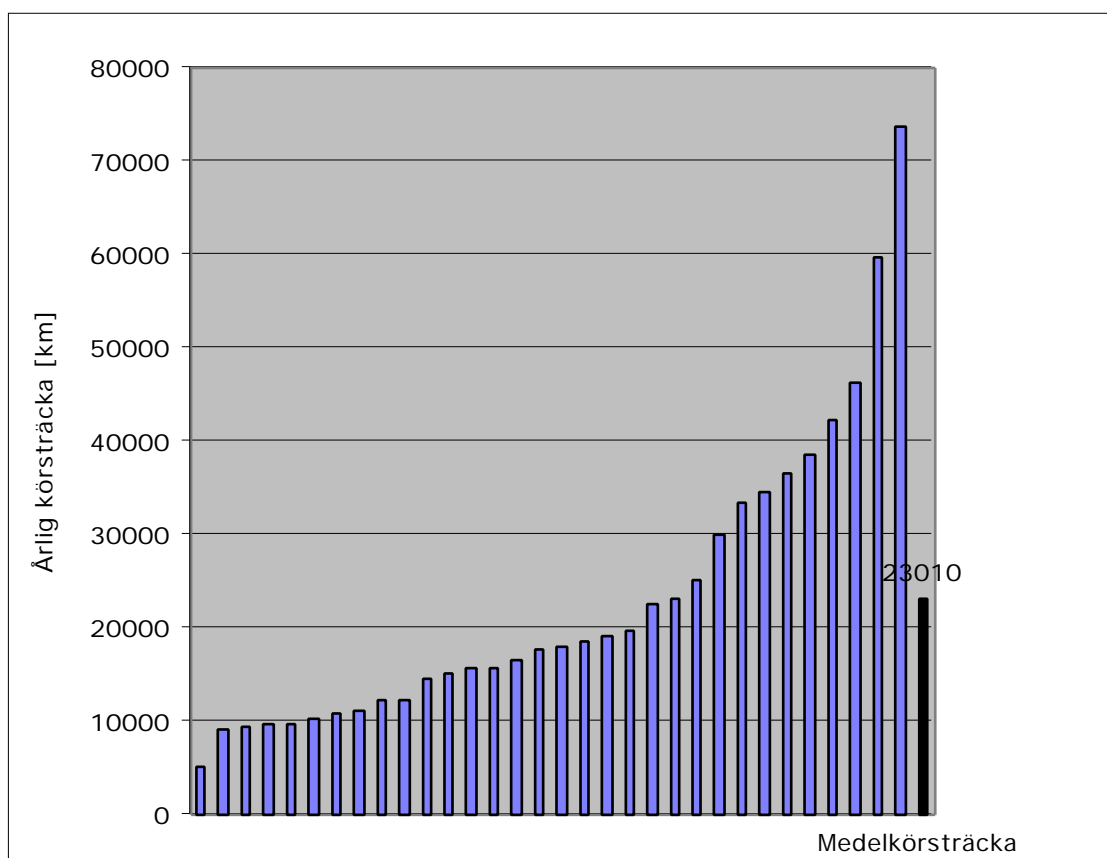
Gasbilarna hade i mars 1998 varit ute hos kunderna mellan 8 och 29 månader beroende på leveranstidpunkt. Under denna tid har sammanställningar gjorts av den serviceinformation som finns registrerad i Volvos serviceprogram samt i de service rapporter som Göteborgs renhållningsverk har

upprättat (gäller endast renhållningsverkets bilar).

Uppgifter om körsträckor, bränsleförbrukning och fordonens körbarhet har inhämtats via enkäter till fordonsägarna samt gasleverantörernas leveransstatistik.

5.2.1 Körsträckor

Under den tid bilarna varit ut hos kunderna (fram till 980228) har de körts mellan 7861 och 147 976 km. Den årliga körsträckan har varierat mellan 5140 km/år och 73700 km/år. Medelkörsträckan per år för hela populationen (enligt inskickade användarenkäter och vägmätaravläsningar i samband med service) har varit 23010 km/år. Årlig körsträcka för de olika fordonen visas i Figur 5



Figur 5 Årlig körsträcka för fordon inom LB30-projektet

Stapeln längs till höger i Figur 5 representerar bilarnas genomsnittliga årliga körsträcka, 23010 km. Bilarna med kortast körsträcka går företrädesvis i innerstadstrafik medan de med längre körsträcka uteslu-

tande går i landsvägstrafik. Två av bilarna är försedda med skylift och står därför still stor del av arbetstiden och uppnår därmed ej några högre årliga körsträckor. Sex av bilarna är utrustade för soptransport i tät-

ort och ytterligare ett par bilar har längre stilleståndsperioder i sina körmonster (containertömmare, slamsugare och dyl.). De flesta andra bilar går i en blandning av stadstrafik och landsvägstrafik med en stark övervikt mot stadstrafik.

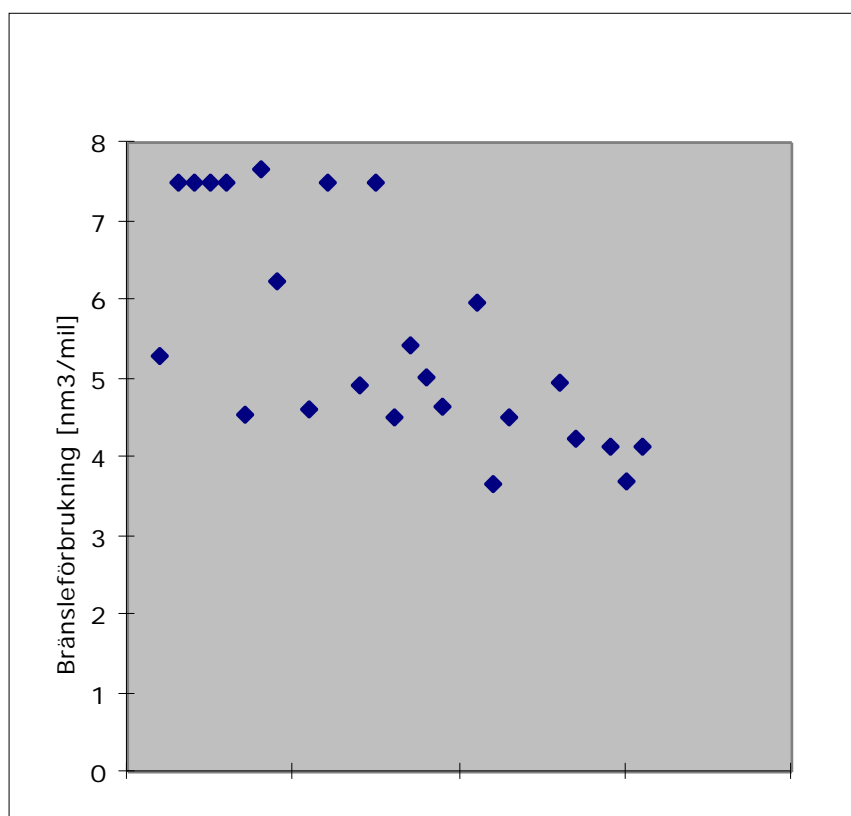
5.2.2 Gasförbrukning

Gasförbrukningen för de olika bilarna påverkas av ett flertal olika faktorer som t ex

- körsätt
- andel stadskörning
- antal starter
- andel tomgångskörning eller drift av arbetsredskap med stillastående fordon

Gasförbrukningen för de enskilda fordonen har rapporterats in av respektive fordonssägare eller beräknats med utgångspunkt från körsträckor som noterats vid servicetillfällen och den gasmängd som levererats till fordonssägaren. För vissa fordonssägare med mer än ett fordon kan detta innebära att statistik för de enskilda fordonen ej kan urskiljas men däremot kan ett medelvärde av gasförbrukningen tas fram för den kunden. I de flesta fall har dock kunden själv fört noteringar över gasförbrukning för varje individuellt fordon och detta har varit till stor hjälp vid utvärderingen av fordonens bränsleförbrukning.

Bränsleförbrukningen för fordonen redovisas i Figur 6.



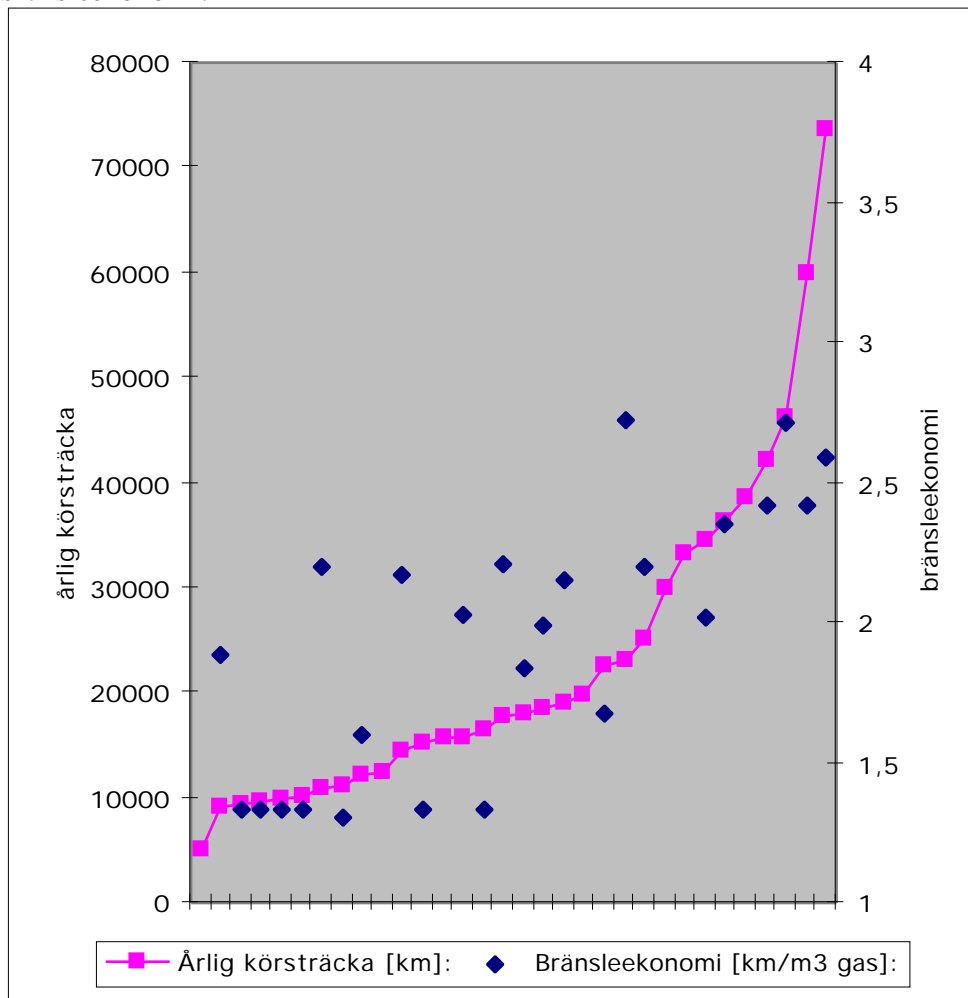
Figur 6 Bränsleförbrukning för fordonen inom LB30-projektet

Samtliga förbrukningsdata överstigande 5 nm³/mil avser fordon som har ett körmonster med stor andel stilleståndsperioder med motorn igång (sopbilar, skylift etc). Sorteras dessa fordon bort ur statistiken erhålls en medelförbrukning på ca 4,3 nm³/mil (att

jämföras med 5,5 nm³/mil för hela fordonspopulationen).

I Figur 7 redovisas bränsleekonomi (km/Nm³ naturgas) och årlig körsträcka för fordonen och ur detta diagram kan utläsas

ett samband mellan lång årlig körsträcka och god bränsleekonomi.



Figur 7 Bränsleprestanda och årlig körsträcka för fordonen inom LB30-projektet

De fordon som avviker från den generella trenden kan ha ett speciellt användningsområde som ger en högre bränsleförbrukning (t ex kylbil med många leveranser i innerstad) eller lägre bränsleförbrukning (ovanligt stor andel landsvägstrafik).

5.2.3 Service och reparationer

Både service och reparationer är registrerade av Volvo Lastvagnar. De gasrelaterade reparationerna har kunnat särskiljas och varierar mellan 0,11 och 2,31 kr/km.

5.2.4 Driftstörningar

Den vanligaste driftstörningen har varit felfunktion hos tryckregulatorn för bränslet.

Oxidationskatalysatorerna har visat minskad kolvätereduktionsförmåga med användningstiden. I vissa fall har det inträffat att monoliten vibrerat sönder p g a att vibrationsdämpande material runt katalysatorn har saknats. Detta har bara inträffat för katalysatorer ur en tidig tillverkningsserie. Problemet med avtagande aktivitet är ett allmänt problem med gasfordon. Volvo Lastvagnar arbetar med detta problem tillsammans med katalysatortillverkare.

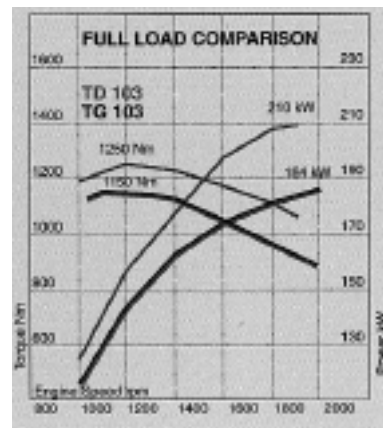
5.2.5 Körbarhet

Gasbilarna inom LB30-projektet har något annorlunda köregenskaper än motsvarande dieselfordon med 10 liters motor p g a annan vridmomentkurva och annan effekt. Gasfordonen når sitt maximala vridmoment

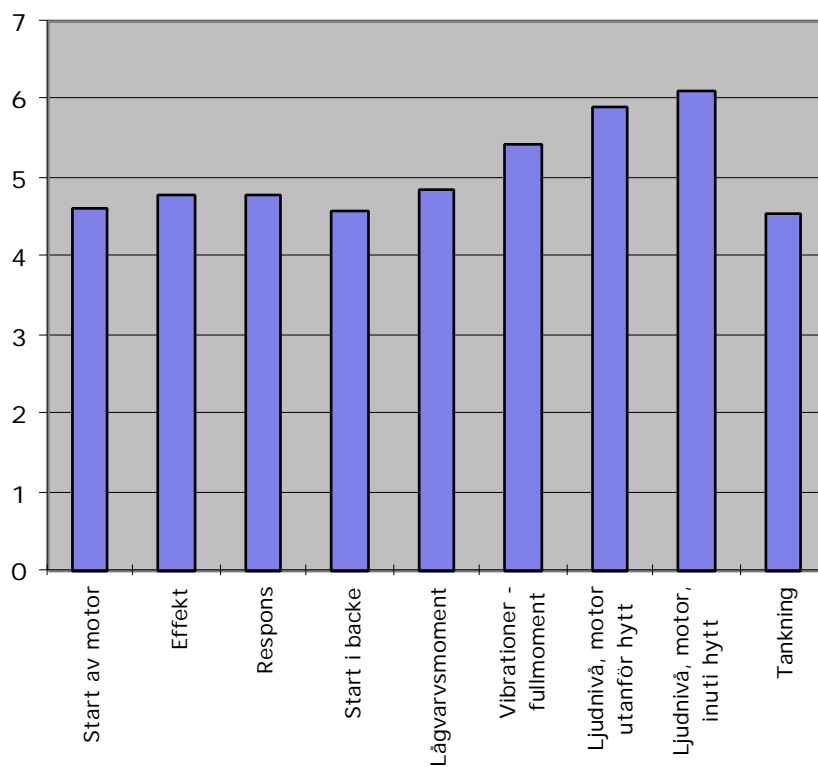
Fordon

redan vid 1100 rpm. Vridmomentet (se Figur 8) är ca 8% lägre och den maximala effekten hos motorn 12% lägre än hos dieselmotorn. Effektkurvan är dessutom plannare vilket gör att gasmotorn måste ha ett varvtal på 1800 rpm för att nå samma effekt som dieselmotorn när redan vid 1400 rpm. Ett gasfordon med 10 liters motor påminner däremot ganska mycket om motsvarande fordon med en 7 liters dieselmotor.

För att undersöka hur förarna upplever köregenskaperna hos naturgasfordonen, har en enkät skickats ut till samtliga fordonssägare. I enkäten efterfrågas förarnas åsikter om följande fordonsegenskaper:



Figur 8 Vridmoment- och effektkurvor Volvo TG/TD 103



Figur 9 Resultat från användarenkät

- Start av motor
- Effekt
- Respons
- Start i backe
- Lågvarvsmoment
- Vibrationer - fullmoment
- Ljudnivå, motor utanför hytt
- Ljudnivå, motor, inuti hytt
- Tankning

Fordon

Förarna ombads ge sina bedömningar på en 7-gradig skala

1. Extremt dåligt
2. Mycket dåligt
3. Dåligt
4. Varken bra eller dåligt
5. Bra
6. Mycket bra
7. Extremt bra

Resultaten från undersökningen visas i Figur 9. Resultaten visar att förarna i genomsnitt bedömer köregenskaperna hos fordonen som *Bra*. Omdömen om ljudnivå utanför och i fordonet bedöms vara *Mycket Bra* medan omdömena om start i backe, lågvarvsmoment och tankning får något lägre omdömen än genomsnittet. Medelbetyget ligger på 5,07.

Lägst betyg (4,6) får bilarna för Start i backe och Tankning. Tankningen kan av en del upplevas som omständlig och tidskrävande medan andra förare satt högt betyg på tankningsmomentet.

Start i backe upplevs som sämre än genomsnittet p g a fordonens lägre vridmoment vid samma varvtal som ett dieselfordon

Förarna av bilar med långa årliga körsträckor uppskattar bilarnas låga ljudnivå mer än "medelföraren" medan egenskaper som respons, effekt och start i backe får något sämre betyg. Förare till fordonen med långa körsträckor är något mera nöjda än genomsnittsföraren inom projektet (medelbetyg 5,2).

Bland kommentarer och förslag som kommer från fordonsägarna kan noteras:

- underhållet har utförts föredömligt av Verdexa/ Bilia.
- förare till gasbilen har varit ovilliga att byta från gasfordon till dieselfordon
- avgasrörets utsläpp bör ledas upp högre eftersom avgaserna innehåller mer vattenånga och därmed ger mer kondens vid kall väderlek vilket hindrar bakåtsikten
- kvalitén på servicen har i vissa fall upplevts som ojämn

- ett fordon (utrustat med skylift) har upplevts som "instabilt" medan det andra fordonet inom projektet med samma utrustning har ej haft några som helst driftstörningar.
- bränsleförbrukningen för något fordon beskrivs som "hög". Fordonet har en årlig körsträcka som understiger 1000 mil.
- gasfordonet har fungerat som en vanlig diesebil i fråga om driftkostnader.

Sammanfattningsvis kan sägas att gasfordonen, med något enstaka undantag, får ett gott betyg av sina ägare och förare.

6 Marknad

Ett av syftena med projektet har varit att gasbranschen tillsammans fordonstillverkare skulle bearbeta marknaden för att skapa en ökad medvetenhet om gasfordonens fördelar, främst i innerstadstrafik.

6.1 Marknadsaktiviteter

Ett stort antal marknadsaktiviteter har genomfört under projektet. Vissa har varit lokala i Göteborg eller Malmö och vissa har inneburit att projektet och fordon inom projektet har använts för marknadsaktiviteter utanför Göteborg och Malmö.

Både lastbilar och sopbilar har lånats ut till Volvo för studiebesök samt exponering på mässor och konferenser, t ex. världsgasutställningen 1997 i Köpenhamn och ENGVA:s NGV-konferens i Bryssel 1995.

I Tabell 7 redovisas de marknadsaktiviteter som genomförs gemensamt och under rubrikerna 6.1.1 och 6.1.2 redovisas de aktiviteter som skett lokalt.

Tabell 7 Marknadsaktiviteter inom LB30-projektet

Maj 95	ENGVA's årsmöte i Bryssel. Bil från Göteborg Energi visas upp
Juni 95	CNG-konferens i Köpenhamn - LB30-projektet presenteras och en av Göteborg Energis bilar visas
Augusti 95	Utställning av naturgaslastbil vid Miljö och Teknik (Svenska Mässan)
September 96	Fordonsträff i Falkenberg. Naturgaslastbil från RENNOVA visas upp.
Maj 97	Nilsson och Lunds bil (Malmö) visas upp i samband med Hallandsåkarnas årsstämma.

Juni 97	Posten bil visas upp på Världsgasutställningen i Köpenhamn. Studieresa arrangeras till tankningsanläggningen i Malmö
Augusti 97	Invigning av biogastankstation i Linköping. Två LB30-bilar visas upp
Maj 95 - Feb. 98	Uppföljande artiklar i "På Väg", upplaga 80 000 ex. Artiklar om LB30-bilarna i Trailer, Länstidningen Östergötland, Lysekilsposten, Skånska Dagbladet, Arbetet Nyheterna, Helsingborgs Dagblad, I Trafik, Motorbranschen etc

6.1.1 Marknadsaktiviteter i Göteborg

I huvudsak har marknadsföringen av projektet haft en låg profil i Göteborg. På fordonssidan har Volvo i princip haft helt kontroll över denna och den enda gemensamma delen var en helsidesannons i GP, där alla de deltagande fordonsägarna ställde upp och visade sina bilar.

I samband med invigningen av tankningsstationen vid Falutorget och att den första bilen i projektet levererades till Göteborg Energi ordnades visning av lastbilen på Stora Holm, testbanan utanför Göteborg. Däremot har de enskilda företagen, främst Göteborg Energi och renhållningsverket, numera RENNOVA, utnyttjat bilarna i sin miljöprofilering. Göteborg Energi har haft sin bil med på Miljömässan i Göteborg. Göteborg Energi har med projektet visat att det är fullt möjligt att uppfylla de strängare kraven från sekelskiftet i miljözonerna i Stockholm, Göteborg och Malmö. Nedan ges några exempel på marknadsaktiviteter i Göteborg.

Juni 96	Invigning av CNG-station Falutorget i Göteborg. Presskonferens på Elyséum.
----------------	--

Marknad

- April 96** Renast i stan. Konferens på Landvetter om biogas och naturgas för fordonsdrift. Bil ur LB30-projektet visas upp.
- Augusti 96** "En älskad bil av Göteborg". Helsidesannons i GP om CNG-bilarna i Göteborg (se bilaga 3).
- April 97** Invigning av CNG-station - Marconimotet, Göteborg.

6.1.2 Marknadsaktiviteter i Malmö

Några av de marknadsaktiviteter som genomförts i Malmö redovisas nedan:

- Maj 1995** "Gasa på". Seminarium om naturgasdrivna fordon i Malmö. Fordon inom LB30-projektet visas upp.
- Augusti 95** Utställning av naturgasfordon på Stortorget under Malmöfestivalen.
- April 96** Invigning av CNG-tankstationen i Malmö med LB30-presentation för Skånepressen
- Maj 96** Bilar ur LB30-projektet visas upp vid tankstationen i Malmö.
- Juli 97** Helsida i Sydsvenska Dagbladet om miljöbilar. Skånemejeriers naturgaslastbil visas upp.
- Augusti 97** KF's bil levererar kräftor till det stora kräftkalaset under Malmöfestivalen.
- September 97** LB30-lastbil på Stortorget i Malmö vid invigning av biogashybridbuss av miljöministern.

6.2 Kunder

Bilarna inom projektet har sålts till 16 olika kunder.

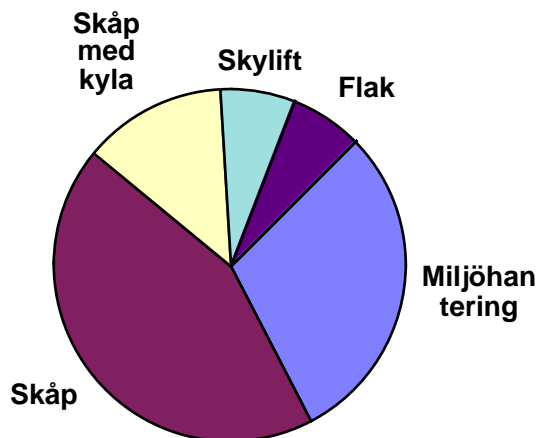
Tabell 8 Kunder inom LB30-projektet

Kund	Placering	Antal fordon
Göteborg Energi	Göteborg	2 st
RENOVA	Göteborg	8 st
Arla	Göteborg	1 st
ICA	Göteborg	2 st
KF	Göteborg	2 st
DAGAB	Göteborg	1 st
ASG	Göteborg	1 st
Pripps	Göteborg	2 st
Bo Johansson Transport AB	Göteborg	1 st
Postäkeriet	Göteborg	2 st
Skånemejerier	Malmö	3 st
GP-Last	Malmö	1 st
Schenker	Malmö	1 st
Lunds Renhållningsverk	Malmö	1 st
VISAB Skåne	Malmö	1 st
Stockholm MFO	Malmö	1 st

De första fordonen levererades i april 1995 till Göteborg Energi varefter det dröjde ytterligare ett år innan nästa leverans skedde. Då levererades ytterligare 13 fordon. De sista fordonen levererades under första kvartalet 1997.

Bilarna utrustades helt enligt kundernas önskemål vilket innebär att bilarna har helt olika utseende.

Kommunala företag och stora distributionsföretag har genom LB30-projektet sett möjligheten att stärka sin miljöprofil. Driftfarenheterna har överlag varit goda och kunderna är nöjda med fordonens tillgänglighet. Chaufförerna har främst uppskattat att bilarna är tystare och mera vibrationsfria än motsvarande dieselfordon. Man anser dock att merkostnaden för fordonet och den totala bränslekostnaden är för hög för att man för närvarande skall skaffa ytterligare fordon.



Figur 10 Påbyggnadsalternativ för bilar inom LB30-projektet

Av Figur 10 framgår att huvuddelen av bilarna försågs med skåp eller utrustades för miljöhantering (sopbilar, containerbilar, slamsugare). Ett mindre antal gavs andra typer av påbyggnader t ex skylift och flak.



Bild 5 Stockholm MFO's bil med skylift



Bild 6 Göteborgs Energis FL10 med flak

6.3 Marknadsbegränsningar

Marknaden för gasfordon styrs av ett flertal olika faktorer bl.a.

- fordonskostnad
- livscykelkostnad
- tillgång till fordon
- prestanda hos fordonen
- infrastruktur för tankning
- miljökrav

6.3.1 Fordonskostnad

Fordonskostnaden är idag ca 30% högre för ett gasfordon jämfört med ett dieselfordon i aktuell storleksklass. Denna skillnad blir sannolikt ännu större i de mindre storleksklasserna eftersom ungefär samma gasinstallation bibehålls medan fordonets totala kostnad är lägre. Fordonskostnaden kan sannolikt minskas vid tillverkning i större serier men detta kräver i sin tur en större marknad.

6.3.2 Livscykelkostnad

Fordonets livscykelkostnader presenteras i detalj i avsnitt 7.4.

Dessa påverkas i mycket stor utsträckning av bränslekostnad och skatter och avgifter. Skatten på naturgas är f n 1033 kr/1000 m³

Marknad

men detta är endast under förutsättning att gasdistributören sökt dispens. I annat fall är skatten 2470 kr/1000 m³ dvs mer än det dubbla. En förutsättning för att marknaden för gasfordon skall kunna växa är att nuvarande dispensregler bibehålls eller permanentas.

Vägtrafikskatten är för närvarande 984 kr/år för ett "normalt" fordon inom LB30-projektet vilket är avsevärt lägre än fordonsskatten för motsvarande fordon i dieselversion (7960 kr/år). Vägtrafikavgiften skiljer dock ej mellan diesel och gasfordon (6314 kr/år i båda fallen). För när de lägre bränslekostnaderna (inkl skatter och avgifter) svårt att rättfärdiga den ökade investeringskostnaden hos ett gasfordon.

6.3.3 Tillgång till fordon

Tillgången till lastfordon är ännu ej tillfredsställande och de fordon som finns tillgängliga är ej att betrakta som serietillverkade. I Sverige är det enbart Volvo som levererat tyngre gasdrivna lastfordon (Scania något enstaka exemplar) medan det i övriga Europa finns ett antal andra tillverkare med modeller tillgängliga på marknaden, dock i mycket små serier. En ökad konkurrens på marknaden kan på sikt även bidra till sänkta priser för kunderna.

6.3.4 Prestanda hos fordonen

Prestanda hos fordonen förefaller ej vara något problem för kunderna förutom, i vissa fall, bränsleförbrukningen. Någon av ägarna har angivit bränsleförbrukningssiffror som överstiger diesel med 45%. Fordonstillverkarna måste därför göra ytterligare ansträngningar för att få fordonen bränslesnåla med bibehållen körbarhet. Vidare bör det etableras standardiserade mätmetoder där bränsleförbrukningen under likartade körförhållanden kan jämföras mellan dieselfordon och gasfordon. Förarna har gett bilarna inom projektet ett gott betyg för köregenskaperna med några få undantag. Däremot förefaller det att finnas önskemål om mindre modeller, bättre lämpade för distribution i stadsmiljö och detta önskemål har redan tillgodosetts av

bl a Volvo, som under 1998 startat leveranser av de första fordonen ur sin FL6-serie i gasversion.

6.3.5 Infrastruktur för tankning

Infrastrukturen för tankning har av vissa upplevts som otillräcklig men är för när under utbyggnad. Under de år som LB30-projektet har pågått har ett flertal tankningsanläggningar öppnats, både för biogas och naturgas. I detta sammanhang är det önskvärt med ökade informationsaktiviteter om tillgången på tankstationer samt en bättre samordning av betalningsmöjligheterna mellan de olika tankstationerna. Vidare ställs ökade krav på motorernas möjligheter att hantera en växlande gaskvalitet, något som såväl Volvo som Scania uppmärksammat.

6.3.6 Miljökrav

Strängare miljökrav och införande av miljözoner kan medföra konkurrensfördelar för gasfordonen. Fordonen har mycket låga utsläpp av stoft och ämnen med hälsopåverkan, har mycket låg bullernivå och är därmed lämpliga för drift i känsliga miljöer som stadskärnor etc.

7 Miljö

De lagstadgade utsläppskraven för tunga fordon i Sverige och inom EU (EURO II) presenteras i Tabell 9.

Tabell 9 Lagstadgade emissionskrav för tunga fordon i Sverige och EU (g/kWh vid prov enligt ECE R49)

HC	1,1
CO	4,0
NO _x	7,0
Partiklar	0,15

Målsättningen för projektet var att nå de värden som anges i Tabell 2 d v s en minskning jämför med gällande gränsvärden (förutom för kolväten) på mellan 75 och 90%.

7.1 Emissionsmätningar

Som ett led i LB30-projektet genomfördes ett program för karakterisering av avgasemissioner. Programmet omfattade emissionsmätningar vid fyra olika tidpunkter på tre av lastbilarna i fordonsflottan och dessa mätningar utfördes hos Svensk Bilprovning Motortestcenter (MTC) genom kontrakt mellan Svenskt Gastekniskt Center (SGC) och Svensk Bilprovning (ASB). Provingarna har skett enligt nedanstående tidplan

Tabell 10 Tidplan emissionsmätningar

Bil	Mättillfälle
DAGAB	1- vecka 1 - 3 1996
ARLA	1 - vecka 1 - 3 1996
GP-Last	1 - vecka 1 - 3 1996
DAGAB	2- vecka 3 - 4 1997
ARLA	2- vecka 3 - 4 1997
ARLA	3:1 - vecka 4 1998
ARLA	3:2 - vecka 20 1998

Den inledande provningen under 1996 omfattade förutom ämnena i Tabell 9 även PAH och biologiska test. Rapporteringen från denna provomgång redovisas i Referens 1.

Under 1997 gjordes mätningar med något mindre omfattning på de två fordon som bedömdes vara mest representativa. Resultaten från denna mätomgång stördes av defekta katalysatorer hos båda de testade fordonen. Som ett resultat härav beslöts att koncentrera de följande mätningarna på en långtidsuppföljning av ett fordon (ARLAS lastbil) som efter mättillfälle 2 hade utrustats med en ny katalysator.

Förutsättningarna för provtagning, analyser och test var att de skulle ske genom:

- Prov på chassiedynamometer enligt 13 mode cykeln.
- Prov på chassiedynamometer enligt Braunschweig-cykeln (busscykeln).
- Provtagning för analys av icke reglerade emissioner under mätomgång 1 (PAH etc).
- Analys av aldehyder, partiklar, eten/propen, 1,3-butadien, olefiner, metan, metanol, etanol och andelen NO₂ av NO_x.

7.1.1 Provtagning under körning på chassiedynamometer

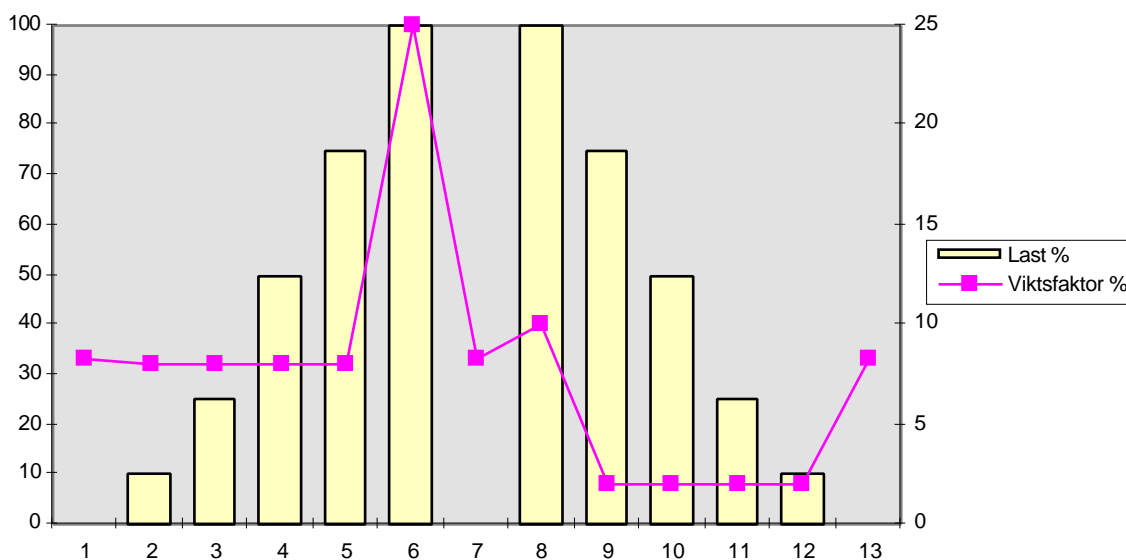
Provtagning under körning på chassiedynamometer innebär att fordonets drivhjul placeras på i detta fall två par rullar så att fordonets körning på väg kan simuleras. Chassiedynamometern är utrustad med svängmassor (skivor av stål), som vid accelerationer och retardationer simulerar fordonets massa. Vidare är chassiedynamometern utrustad med broms, som kan ställas in för att simulera fordonets motstånd (luft- och rullmotstånd) vid körning på väg. Inställningen av chassiedynamometern redovisas i Referens 1.

Provtagning för analyser har skett enligt två olika principer, direktprovtagning respektive provtagning sedan avgaserna

spätts ut med luft i en sk spädningstunnel. Den förstnämnda principen gäller för provtagning vid körning enligt 13 mode cykeln utom för mätning av partikelutsläpp medan den senare principen gäller för provtagning enligt busscykeln. FTIR (Fourier Transform Infra Red) - analyserna är dock gjorda i icke spädda avgaser. Provtagning för mätning av partikelutsläpp utförts i spädda avgaser vid prov enligt både 13 mode cykel och busscykel.

7.1.2 Körcykler och mätmetoder

Till följd av att prov inte utförts enligt standarden för ECE R49-provet kommer den beteckningen inte att användas i denna rapport utan istället beteckningen "prov enligt 13 mode cykeln" för att undvika missförstånd. Motorbelastning, varvtal och viktsfaktorer för beräkning av sammanvägt utsläpp framgår av Figur 11. Eftersom provtagningar och analyser, inställning av motorbelastning etc.,



Figur 11 13 mode cykeln inklusive viktsfaktorer

utförts enligt standardproceduren för mätning på bl a motorer till tunga fordon även vid mätning på chassiedynamometer kan resultaten från denna mätning väl jämföras med mätningar på motor. Av Figur 11 framgår att 13 mode cykeln är en konstantbelastningscykel, som omfattar tre tomgångssteg och 10 steg med belastad motor, varav fem vid ett mellanvarvtal och fem vid fullastvarvtal. Enligt föreskrifterna för 13 modeprovet skall mellanvarvtalet motsvara maxmomentvarvtalet om detta kan identifieras annars inom varvtalsområdet 60-75 % av max-varvtalet. Den specificerade motorbelastningen vid de olika belastningsstegen har i figuren angivits med

ett siffervärde i procent av maximala motoreffekten vid mellanvarvtalet respektive fullastvarvtalet. Provet utförs i den ordning, som belastningsstegen anger.

Beräkningen av viktade medelutsläpp av CO, HC och NO_x (i g/kWh) utförs enligt formeln

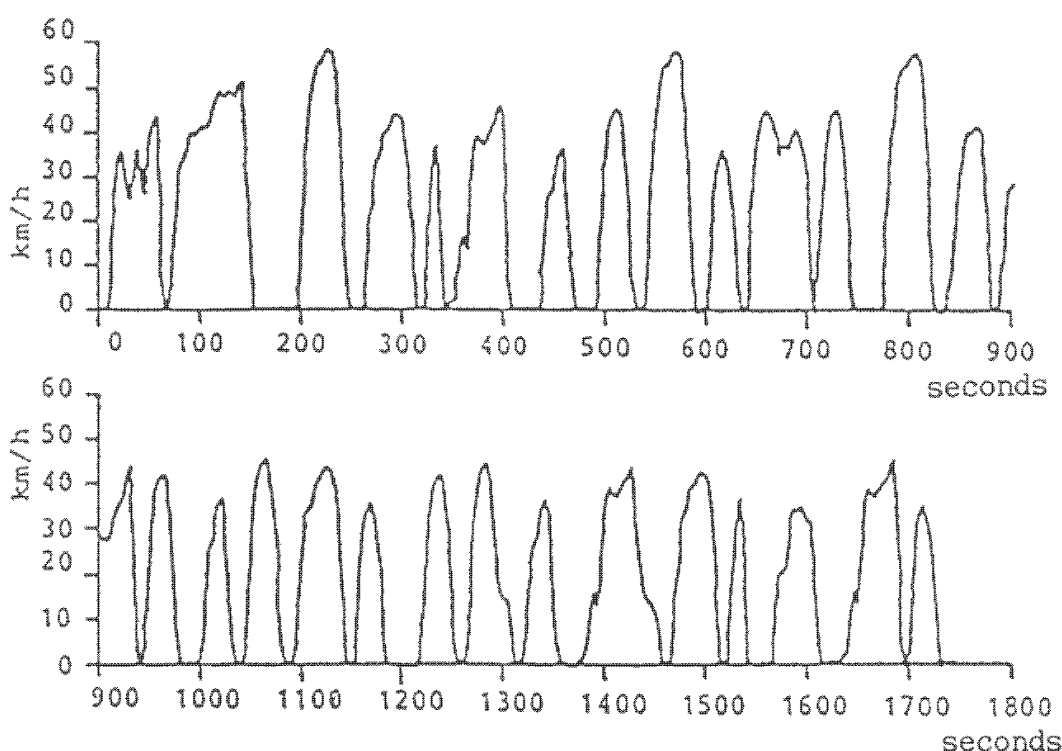
$$SE_{\text{mass}} = \frac{(E_{\text{mass}} * WF)}{(P * WF)}$$

SE_{mass} = Specifika emissionen för CO, HC respektive NO_x (g/kWh)
 P = ej korrigerad motoreffekt (kW)
 WF = viktsfaktor (se Figur 11).

Beräkningen av det viktade utsläppet av partiklar utförs enligt en motsvarande formel, som är något mera komplicerad, eftersom hänsyn måste tas till hur provet tagits. Det bör här nämnas att de svenska och även de europeiska bilavgaskraven för tunga fordon grundas på utsläpp av CO, HC, NO_x och partiklar vid prov på motor enligt 13 mode metoden.

Den så kallade "Busscykeln" eller "Braunschweig"-cykeln, som har utvecklats

vid universitetet i Braunschweig i Tyskland under beteckningen "Stochastischer Fahrzyklus für Stadtlinien Omnibusse" har kommit att användas i vårt land som den mest representativa körcykeln för busar i stadstrafik, Figur 12. Numera finns det andra körcykler som med fördel skulle kunna användas för prov på chassiedynamometer. Problemet är att det genom åren genererats en mängd data vid prov med busscykeln och att det blir svårt att kunna referera till dessa data vid övergång till en ny eller annan körcykel.



Figur 12 Busscykeln ("Stochastischer Fahrzyklus für Stadtlinien Omnibusse")

Vid planeringen av emissionsmätningarna bedömdes det som mest realistiskt att använda Braunschweig-cykeln för mätning vid transient körning med hänsyn till att data från LB30-projektet bör kunna jämföras med data från prov med andra bränslemotorkombinationer så långt detta är möjligt. Att just den körcykeln valdes för mätningarna var mera slumpmässigt än planerat. För ett visst relativt omfattande projekt krävdes ett körmönster, som kunde representera körning med buss i tätortstrafik, och vid det tillfället var Braunschweig-

cykeln den enda som fanns till hands. Krittiskt betraktat är den körcykeln inte särskilt representativ för körning med lastbil, men å andra sidan utsätts motorn för en mycket varierande belastning, vilket har sina fördelar när avgasmätningar skall utföras på fordon, som används i tätorter och deras omgivningar.

Vid avgasmätningar tas en liten avgasmängd ut för antingen fortlöpande analys eller också i en påse av teflon eller motsvarande material som ett mellansteg före ana-

lys. Vid 13 mode prov tas provet direkt i bilens avgasledning för analys utom för mätning av partiklar då provet tas med hjälp av särskild typ av utrustning, som beskrivs här nedan.

För partikelprovtagning vid 13 mode prov används en sk "Constant Volume Sampler" (CVS). Begreppet "constant volume sampler", som kan översättas med konstant-volym-provtagare, innebär att volymflödet av luft plus avgaser är konstant även om avgasflödet från motorn varierar alltifrån ett tomgångsflöde till ett fullastflöde. När avgasflödet ökar minskar flödet av spädningsslut och följaktligen ökar det när avgasflödet minskar, dvs summan av flödet av avgaser plus spädningsslut är alltid konstant. Kravet på en CVS är att flödet genom systemet skall vara tillräckligt stort för att undvika kondens av vattenånga och tunga kolväten under avgasprovet.

Metoden med spädning av avgaserna med luft används även vid prov enligt busscykeln och i det fallet för mätning av alla föroreningskomponenter (utom analyserna med FTIR-instrumentet), som skall mätas inom det aktuella projektet.

7.1.3 Analys av reglerade emissioner

Med reglerade emissioner avses utsläpp av föroreningar i avgaserna, som måste begränsas enligt gällande lagkrav. Lagkraven för tunga fordon omfattar idag begränsning av utsläppen av koloxid (CO), kolväten (HC), kväveoxider (NO_x) och partiklar för motorer med kompressionständning vid mätning enligt 13 mode prov. Inom LB30-projektet har reglerade emissioner mätts även vid prov enligt busscykeln, men i det fallet i avgaser som spätts ut med luft (enligt ovan). Proven enligt 13 mode cykeln upprepades en gång så att två jämförbara mätvärden finns för i huvudsak varje föroreningskomponent. Vid busscykel upprepades provtagningen två gånger så att det finns tre jämförbara mätvärden. Anledningen till att provtagningen upprepas två gånger vid busscykel är att även icke

reglerade föroreningar mäts och att mätning av dessa av erfarenhet ger en större spridning hos mätvärdena.

Analys av de reglerade emissionerna samt CO₂ och NO utförs regelmässigt med följande typer av instrument:

- CO och CO₂ med infrarödanalysator utan spridningsoptik (NDIR).
- HC icke specifikt med flamjonisationsdetektor (FID). För analys av metan, se nedan!
- NO/NO_x med chemiluminiscens analysator (CHEM). NO₂ bestäms genom skillnaden mellan NO_x och NO (NO_x - NO = NO₂).
- För partiklar gäller att prov tas på speciell typ av filter vid en temperatur hos avgaserna som är 52°C. Filtret vägs före och efter provtagning. Skillnaden i vikt utgör underlag för beräkning av partikelemissionen.



Bild 7 Mätutrustning för emissionsmätningar vid MTC

Som redan tidigare angetts utfördes provtagning för analys av ovanstående föroreningar vid prov enligt både 13 mode cykeln och busscykeln. Vid busscykelprov togs prov även för analys av icke reglerade föroreningar.

7.1.4 Analys av icke reglerade emissioner

Utöver ovan angivna emissioner omfattar avtalet mellan SGC och ASB analys av

metan (CH_4), eten ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), propen ($\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$), formaldehyd (CH_2O), acetaldehyd (CH_3CHO), 1,3 butadien ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$), metanol (CH_3OH eller MeOH) och etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ eller EtOH). Mätningarna utfördes vid prov enligt busscykel. För provtagning och analys av dessa emissioner används följande tekniker:

- För analys av metan tas prov på samma sätt som för icke specifika HC. Analysen sker med en FID, som försetts med en katalysator som oxiderar alla HC utom metan.
- För eten och propen tas prov för analys med FTIR, "fourier transform infrared".
- För formaldehyd och acetaldehyd tas prov i en särskild provtagare (kiselgelampull) som preparerats med 2,4-dinitrofenylhydrazin varvid 2,4-dinitrofenyl-hydrazoner bildas. Efter provtagningen löses hydrazonerna med

acetonitril och analyseras på HPLC ("High pressure liquid chromatography").

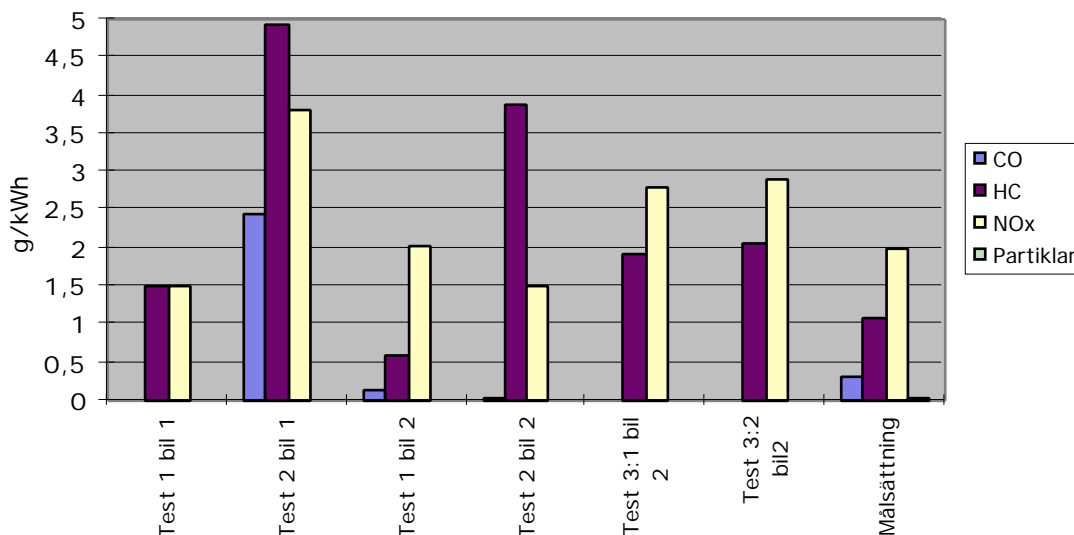
- För 1,3 butadien tas prov för analys med FTIR.
- För metanol och etanol tas ofta prov genom impinger-flaskor med rent, iskylt vatten. Analys utförs då med gaskromatograf. MTC använder tekniken med (FTIR) för provtagning och analys av alkoholer.

Vid mättillfälle 1 (Referens 1) har även provtagning av PAH/PAC genomförts.

7.1.5 Resultat

Resultaten från körningarna i 13-mode cykeln redovisas i Figur 13.

Emissioner från 13 mode prov - LB 30 projektet



Figur 13 Emissioner vid prov i 13-mode cykel

Figur 13 visar att projektets målsättningsvärden avseende CO underskreds med bred marginal i samtliga prov förutom test 2 bil 1. Katalysatorn i denna bil var då behäftad

med mekaniska skador vilket gjorde att dess oxidationsverkan var kraftigt nedsatt. Skadorna hade sannolikt orsakats av vibrationer i fordonet i kombination med avsaknad

av vibrationsdämpande material i fordonens katalysator.

Vid test 3:1 och 3:2 låg CO-emissionerna på en mycket låg nivå (<0,02 g/kWh) vilket tyder på en god oxiderande funktion hos katalysatorn. Katalysatorn hade vid provomgång 3:1 varit monterad i fordonet under 1293 km och vid mättillfälle 3:2 4686 km.

Avseende kväveoxider har bilarna inledningsvis uppvisat värden som ligger under eller i samma storleksordning som målsättningsvärdena för kväveoxider.

Vid det andra mättillfället hade den ena bilens emissioner ökat medan den andra bilens hade minskat, vilket sannolikt beror på att förändringen i tryckfall i avgaskanalen (p g a den defekta katalysatorn) återverkade olika på förbränningsprocessen i motorn med förändrade emissioner som följd.

Kväveoxidemissionerna vid test 3:1 (januari -98) och 3:2 (april -98) uppvisar sinsemellan likartade värden (ca 2,9 g/kWh) men högre än vid mätning 1. Detta kan förklaras med att motorn programmerats om för att gå vid ett 2% mindre luftöverskott inför mätning 3:1 med en förbättrad körbarhet men även ökade kväveoxidemissioner som följd.

Kolväteemissionerna kan delas upp i två delar, metanemissioner och övriga kolväten.

ENGVA (European Natural Gas Vehicle Association) har under flera år verkat för att kolväteemissionerna från gasfordon skall delas i metan och NMHC (Non Methane HydroCarbons) och i mars 1998 (Referens 14) antog EU-kommissionen ett direktivförslag som innebär ett tillägg till direktiv 88/77EEC där speciella gränser för metan- och NMHC-emissioner från tunga gasfordon föreslås. Dessa gränsvärden föreslås gälla f o m 1/10 år 2000, se Tabell 11.

Tabell 11 Föreslagna gränsvärden för diesel- och gasmotorer testade enligt ETC-proceduren (g/kWh)

Kolmonoxid	5,45
NMHC	0,78
Metan (endast gasmotorer)	1,6
Kväveoxider	5,0
Partiklar (endast dieslar)	0,16 0,21 ¹
¹ För motorer med cylindervolym understigande 0,7 l/cylinder och med effektvarvtal överstigande 3000 rpm	

De mätningar som gjorts vid mättillfälle 3:1 och 3:2 inom projektet visar att kolväteemissionen från motorn till ca 95% består av oförbränd metan. Några separata metanmätningar genomfördes, p g a ett förbi-seende från MTC's sida, ej under mätning 1. Medelvärden för emissionsmätningar vid "busscykelprov" under mätning 2, 3:1 och 3:2 redovisas nedan.

Tabell 12 Kolväteemissioner under mätomgång 2, 3:1 och 3:2

Mätning	Total kolväteemission (beräknat som metan) g/km	Metanemission g/km
2	24,5	22,12
3:1	6,27	6,03
3:2	7,01	6,47

I det följande kommer därför begreppet "metanemissioner" att användas i stället för "kolväteemissioner".

Metanemissionerna har varierat kraftigt mellan olika fordon och olika provserier. Vid provserie 1 låg metanemissionerna i genomsnitt något under målsättningsvärdet 1,1 g/kWh medan det vid testtillfälle 2 hade stigit till över 4 g/kWh. Ökningen orsakades av mekaniska skador på katalysatorerna som medförde att avgaserna passerade igenom katalysatorn mer eller mindre orenade.

Vid det tredje mättillfället i januari 1998 hade katalysatorn bytts ut mot en vibra-

tionsdämpad typ och vid mätningen kunde konstateras att metanemissionerna hade i stort sett halverats jämfört med föregående mätning (1,93 g/kWh). Utbytet av katalysator skedde 1293 km före provtillfället. Vid det fjärde mätningen i april 1998 var metanemissionen i stort sett oförändrad jämfört med januari (2,05 g/kWh). Fordonet hade tillryggalagt 3400 km sedan den föregående mätningen i januari. Katalysatorn hade således endast varit i drift under ca 4700 km.

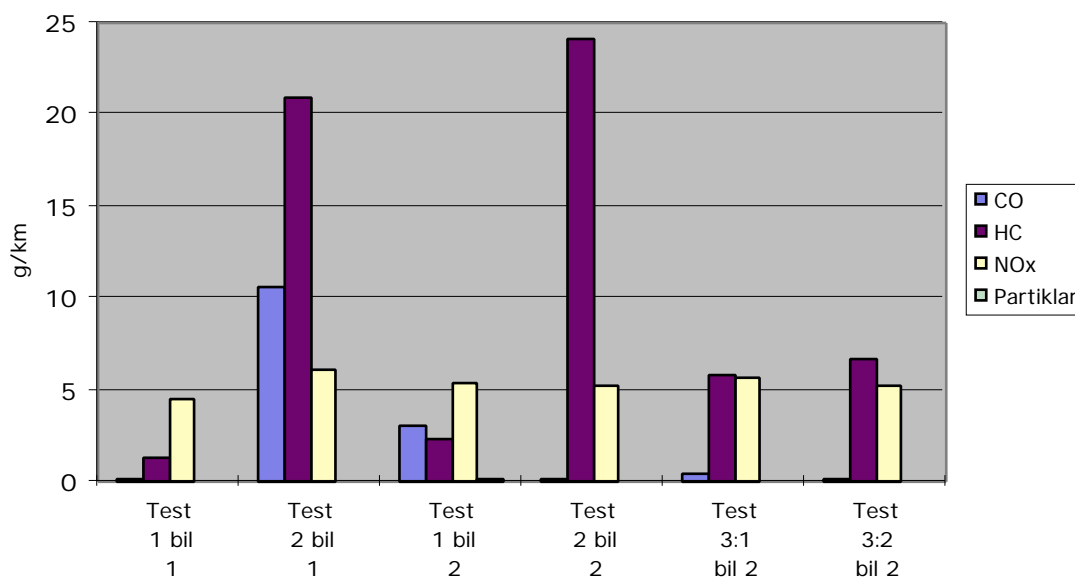
Metanemissionerna ligger fortfarande över det målsättningsvärde som ställts upp för fordonsens kolväteemissioner (1,1 g/kWh) vilket tyder på en viss deaktivering av katalysatorn. Denna kan orsakas av svavelförgiftning eftersom bränslet innehåller ca 10 mg/nm³ THT (tetrahydrotiofen) för att kunna lukta vid ett ev. gasläckage. Mo-

toroljan innehåller även vissa svavelhaltiga tillsatser och tillsammans med svavlet i bränslet kan detta vara tillräckligt för att på lång sikt ge en deaktivering av oxidationskatalysatorn.

Metanemissionerna ligger även över de gränsvärden som ställs upp i Tabell 9. Fordonen har dock inga som helst problem att klara de krav på NMHC som föreslagits av EU-kommissionen (se Tabell 11) eftersom ca 95% av totala kolväteemissioner består av metan. NMHC-emissionerna från fordonen är i storleksordningen 0,1 g/kWh vilket med marginal understiger värdena i Tabell 11.

Emissioner vid prov enligt "busscykeln" redovisas i Figur 14

Emission från prov i Busscykel - LB-30 projektet



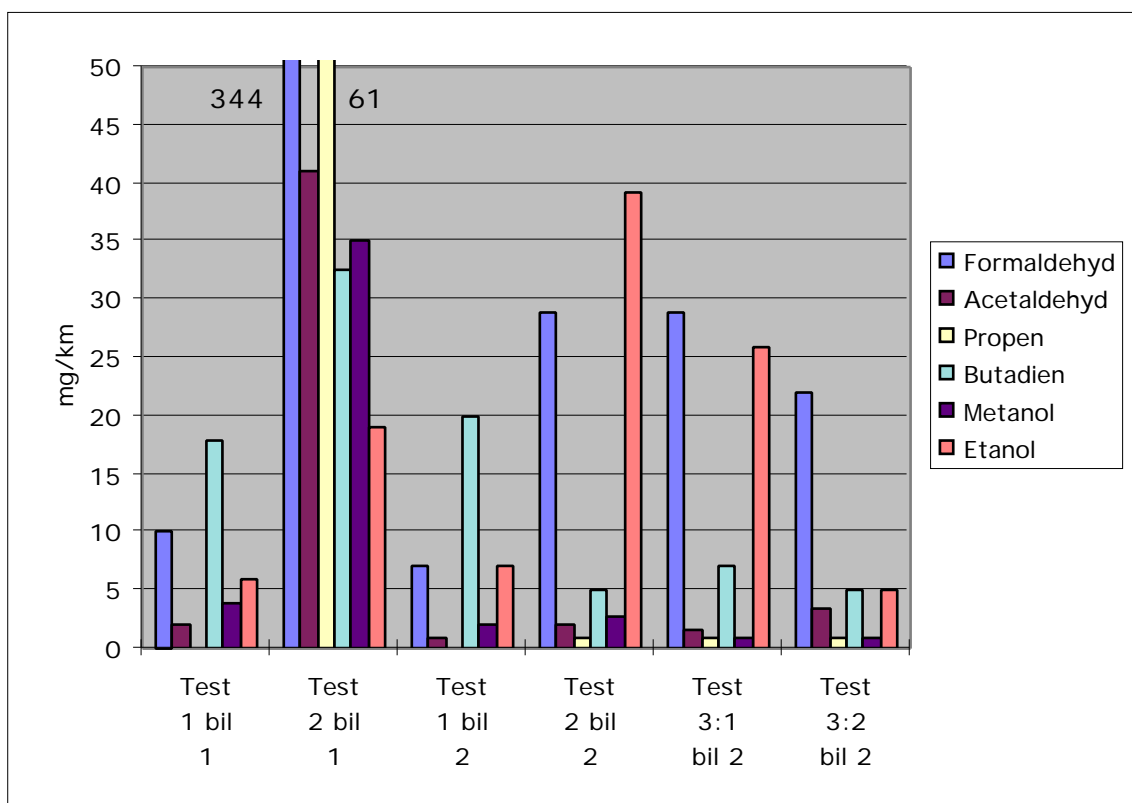
Figur 14 Reglerade emissioner vid prov enligt "busscykeln"

Vid den transienta körkylen ("busscykeln") är under Test 2 utsläppen av HC särskilt stora hos båda bilarna medan CO-utsläppet är stort hos den ena bilen och litet hos den andra bilen. Detta visar att katalysatorn kan ha möjlighet att oxidera CO även om den har tappat sin aktivitet att oxidera kolväten (metan). I jämförelse med stationära förhållanden är kolväteemis-

sionerna mer framträdande under transienta förhållanden.

7.1.6 Utsläpp av oreglerade ämnen

Under prov enligt busscykeln har prov tagits enligt beskrivning i 7.1.4. Resultaten redovisas i Figur 15



Figur 15 Oreglerade emissioner vid prov enligt "busscykeln"

Eten och propen kunde ej detekteras vid test 1 och övriga emissioner låg för båda fordonen på en låg nivå med högst utsläpp av butadien. Vid test 2 hade emissionerna stigit kraftigt för bil 1 och även, fast i mycket mindre omfattning, för bil 2. Ökningen i emissioner berodde troligen på defekta katalysatorer hos de båda fordonen och skillnaden i ökning kan hänföras till olika grad av skada på katalysatorerna hos de båda fordonen.

Vid test 3:1 och 3:2 har emissionsnivån åter sjunkit till en låg nivå men ligger dock totalt sett på en något högre nivå än i test 1. Detta antyder, på samma sätt som de ökade metanemissionerna, att katalysatorns funktion är reducerad med en något ökad emissionsnivå, speciellt avseende formaldehyd, som följd.

7.1.7 Övriga emissioner och hälsoeffekter

I samband med den första mätomgången genomfördes även provtagning av PAH (partikelfas och semivolatil fas) samt genomfördes test av mutagenicitet och TCDD receptor affinitet. Metodbeskrivningar och en mer detaljerade resultatsammanställning för de olika testen återfinns i bilaga 2 till Referens 1.

Resultaten för mutagenicitetstest visar på låga värden jämfört med dieselfordon. Provtagningen försvarades av att partikelemissionerna från fordonen var mycket låga men signifikanta värden ansågs ändå ha uppnåtts.

Resultaten för TCDD receptor affinitet visar på låga värden för partikelfasen medan den semivolatila fasen uppvisar något högre, dock ej alarmerande, värden.

7.1.8 Slutsatser

De lagstadgade emissionskraven i Sverige och EU för fordon presenteras i Tabell 9. Fordonen inom projektet uppfyller med bred marginal alla dessa krav förutom kravet på kolväteemissioner, som endast uppfylls av fordon med en ny och väl fungerande katalysator.

Fordonen inom LB30-projektet har mycket goda prestanda avseende emissioner av CO (<0,02 g/kWh) och partiklar (<0,01 g/kWh). Fordonen har även mycket låga utsläpp av NMHC (0,1 g/kWh) medan utsläppen av kväveoxider och metan ej uppfyller de målsättningar som ställdes upp vid projektets början.

Metanemissionerna är ett resultat av högt luftöverskott (risk för misständning) och katalysatorer med otillräcklig kapacitet. Volvo har uppmärksammat dessa problemområden och arbetar aktivt med att hitta nya katalysatorer och bättre sätt att styra motorns förbränningsförlopp.

De uppmätta kväveoxidemissionerna låg inledningsvis under målsättningsvärdet 2,0 g/kWh men steg vid de sista mätningarna under 1998 till värden något över de målsättningsvärden som sattes upp. Detta kan åtgärdas genom förbättrad motorstyrningsteknik som gör att motorn kan drivas nära sin magergräns utan att för den skull få försämrade köregenskaper eller ökade kolväteemissioner.

Utsläppen av oreglerade emissioner (se 7.1.6) är på en låg nivå men kan även de minskas ytterligare om katalysatorns funktion kan förbättras.

Utsläppen av ämnen med hälsopåverkan är lägre eller mycket lägre än för motsvarande dieselfordon.

7.2 CO₂-ekvivalenter "from wells to wheels"

De emissioner som bidrar till växthuseffekten och som är aktuella i fordonsammanhang är framför allt koldioxid (CO₂), metan (CH₄) och dikväveoxid (N₂O). Därtill kommer ett visst indirekt bidrag från kväveoxider (NO_x).

De olika ämnena har olika växthuseffekt. Olikheten anges med en faktor benämnd Global Warming Potential (GWP), vilken i princip anger hur många gånger större växthuseffekt ämnet har i förhållande till koldioxid. GWP varierar med tiden och den brukar allmänt anges för 50 - 100 år efter utsläppet.

För de ovan nämnda växthusgaserna har GWP-faktorer enligt Tabell 13 använts (Referens 6).

Tabell 13 GWP-faktorer för växthusgaser

Ämne	GWP
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	290
NO _x	7

7.2.1 Emissioner från bränslecykeln exkl. fordonet

För dieselolja betraktas följande steg; utvinning, sjötransport, raffinering och distribution.

För naturgas är motsvarande steg; utvinning, behandling, transport (transmission och distribution i rörledning) och kompression.

Data har hämtats från Referens 6 - Referens 10. Data varierar mellan referenserna bl a beroende på olika antaganden om "rådata" och olika beräkningsmetoder. I det här fallet är skillnader mellan dieselolja och naturgas väsentligare än absoluta värden. De

Miljö

värden som sammanställts i Tabell 14 torde återspegla en riktig bild av skillnaden mellan bränslena.

Tabell 14 Ekvivalenta CO₂-utsläpp från bränslecykeln exkl. slutanvändning

City Diesel	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO ₂ -ekv
Bränslecykeln	10 g/MJ	26 mg/MJ	2 mg/MJ	44 mg/MJ	
GWP-faktor	1	21	290	7	
CO ₂ -ekv g/MJ	10	0,5	0,6	0,3	12
CNG					
Bränslecykeln	3,8 g/MJ	3,9 mg/MJ	0,05 mg/MJ	16 mg/MJ	
GWP-faktor	1	21	290	7	
CO ₂ -ekv g/MJ	3,8	0,1	0,01	0,1	4

7.2.2 Emissioner från fordonet

Vid en emissionsjämförelse bör data som är uppmätta under likartade förhållande användas. Därför har data från motormätningar i bänk använts (Referens 10). Det skall observeras att dessa data för gasmotorn avviker från de data som redovisas i 7.1.5, särskilt avseende kolväteemissioner. Som framgår av avsnittet Emissionsmätningar är

utsläppen för gasfordonen olika vid de olika mättillfällena.

De värden som antagits för jämförelsen mellan diesel och naturgas framgår av Tabell 15. Tyvärr finns inga data för N₂O och avseende CH₄ har antagits att metanutsläppen är försumbara från dieselfordonen medan kolväteutsläppen från naturgasfordon består uteslutande av metan (se 7.1.5).

Tabell 15 Ekvivalenta CO₂-utsläpp från bränslecykelns slutanvändningssteg (utsläpp från fordonet)

City Diesel	CO ₂	CH ₄	NO _x	CO ₂ -ekv
Utsläpp	690 g/kWh	-	6,1 g/kWh	
GWP-faktor	1	21	7	
CO ₂ -ekv g/kWh	690	-	43	733
CNG				
Utsläpp	640 g/kWh	0,5 g/kWh	1,9 g/kWh	
GWP-faktor	1	21	7	
CO ₂ -ekv g/kWh	640	11	13	664

7.2.3 Emissioner från hela bränslecykeln

Värdena i Tabell 14 måste räknas om till g/kWh motorenergi för att kunna adderas till värdena i Tabell 15.

Med en motorverkningsgrad på 38,6% (Referens 10) för dieselmotorn och 31,8% för CNG-motorn erhålls då CO₂-ekvivalentvärden enligt Tabell 16

Tabell 16 Ekvivalenta CO₂-utsläpp från hela bränslekedjan uttryckt i g/kWh motorenergi

Bränsle	Bränslecykeln exkl. slutanv g/kWh	Slutanvändning g/kWh	Totalt CO ₂ -ekvivalenter g/kWh
Diesel	110	733	843
CNG	45	664	709

Trots något lägre verkningsgrad för gasmotor blir således de ekvivalenta CO₂-utsläppen ca 20% lägre för naturgascykeln jämfört med dieselrykeln.

Används mätdata från Figur 13 för metanutsläpp från fordonet (2 g/kWh) minskar fördelen för CNG fordonen till ca 12% jämfört med dieselrykeln.

7.3 LCA (Life Cycle Assessment)

En fullständig livscykelanalys för ett fordon innefattar inte bara emissionsdata utan även utvärdering av de olika emissionernas miljöpåverkan. Uppgifterna i detta avsnitt avser endast emissionsdata, d v s studien är vad man formellt benämner en LCI (Life Cycle Inventory). Inventeringen har begränsats till bränslecykeln, d v s tillverkning och skrotning av fordonet har ej beaktats eftersom skillnaden mellan dieselfordon och CNG-fordon i det avseendet har bedömts vara marginell. En uppskattning av skillnaden har gjorts i slutet av detta avsnitt.

Uppgifterna nedan omfattar svaveloxider (SO_x), kväveoxider (NO_x), kolmonoxid (CO), flyktiga kolväten utom metan (NMVOC) samt partiklar. Utsläpp av koldioxid (CO₂), metan (CH₄) och dikväveoxid (N₂O) har redan behandlats i det tidigare avsnittet om växthusgaser.

På samma sätt som för växthusgaserna har en uppdelning skett på bränslecykelns steg före användningen i fordonet (slutanvändning). Samma referenser som tidigare har utnyttjats. Även här gäller att spridningen i data hos de olika referenserna är stor, men att det viktigaste är att visa på skillnader mellan bränslena snarare än att visa på exakta absolutvärden.

7.3.1 Emissioner från bränslecykeln exkl. fordonet

I Tabell 17 visas värden på utsläpp från den del av bränslecykeln som föregår slutanvändningen.

Tabell 17 Emissioner från bränslecykeln exkl. slutanvändningssteget

Komponent	Citydiesel mg/MJ	CNG mg/MJ
SO _x	24	3
NO _x	50	18
CO	17	5
NMVOC	30	3
PM	10	0

7.3.2 Emissioner från fordonet

Utsläppsvärden avseende de gasdrivna fordonen och motsvarande dieselfordon har erhållits från Volvo (Referens 10). Värdena, uttryckta i g/kWh motorenergi, framgår av Tabell 18.

Tabell 18 Emissioner från bränslecykelns slutanvändningssteg (utsläpp från fordonet)

Komponent	Citydiesel g/kWh	CNG g/kWh
SO _x	0,02	0
NO _x	6,1	1,9
CO	0,58	0,02
NMVOC	0,24	0,2
PM	0,1	0,01

7.3.3 Emissioner från hela bränslecykeln

Omräkning av värdena till samma enhet, korrigering för motorernas olika verkningsgrader samt summering för hela bränslecy-

keln har gjorts i Tabell 19. Intressant att notera är att i flera fall uppgår utsläppen från utvinning, behandling och distribution av bränslet till samma eller högre värde än utsläppen vid förbränning i fordonets motor.

Tabell 19 Emissioner från hela bränslecykeln

Komponent	Utsläpp g/kWh motorenergi					
	Citydiesel			CNG		
	Exkl. fordon	Fordon	Tot	Exkl. fordon	Fordon	Tot
SO _x	0,22	0,02	0,24	0,03	0	0,03
NO _x	0,5	6,1	6,6	0,2	1,9	2,1
CO	0,16	0,58	0,74	0,06	0,02	0,08
NMVOC	0,28	0,24	0,52	0,03	0,2	0,23
PM	0,1	0,1	0,2	0	0,01	0,01

Det gäller för citydiesel SO_x, NMVOC och PM och för CNG SO_x och CO.

Jämförelsen mellan citydiesel och CNG utfaller till naturgasens fördel för samtliga här behandlade föroreningar. I vissa fall rör det sig om minst en tiopotens lägre värden som t.ex. för SO_x, CO och partiklar.

7.3.4 Tillverkning av fordonet

Inledningsvis nämndes att skillnaden i LCA-sammanhang för tillverkning av ett dieselfordon och motsvarande CNG-fordon är marginell. Det som skiljer ett naturgasfordon från ett dieselfordon är i praktiken endast gastankarna.

En bränsletank för CNG väger ca 75 kg. I extrema fall kan ett fordon vara utrustat med 10 tankar d v s en extra vikt på ca 750 kg. Fordonets egenvikt rör sig om ca 7500 kg varför i extremfallet viktökningen ligger vid ca 10%. Man torde då överslagsmässigt kunna räkna med ca 10% högre emissioner vid tillverkning av CNG-fordonet jämfört med dieselfordonet. Medelantalet tankar i LB30-projektet är drygt 6 st/fordon varför man följaktligen med samma resonemang som ovan kan anta att tillverkningen av ett fordon i LB30-projektet ger ca 6% högre

utsläpp vid tillverkningen av motsvarande dieselfordon.

Med hjälp av Referens 9 har en uppskattning gjorts av skillnaden i emissioner vid tillverkningen av ett dieselfordon och ett CNG-fordon. I Referens 9 anges hur emissionerna procentuellt fördelar sig på ett fordons drift, bränslecykeln, övrigt samt tillverkning, service och underhåll (i en grupp). Fordonet i studien är en 28 tons lastbil, vilket i detta sammanhang kan anses likvärdigt med LB30-fordonen.

Om de procentuella värdena i Referens 9 appliceras på LB30-fordonen och vi antar att utsläppsvärdena för tillverkning av en CNG-lastbil är 6% högre än för en diesellastbil, skulle vi få de högre utsläpp från tillverkningen av en CNG-lastbil som redovisas i Tabell 20.

Tabell 20 Skillnad i emissioner vid tillverkning av en CNG-lastbil resp diesel-lastbil utslaget per kWh motorenergi under fordonets livslängd

Komponent	Ökade utsläpp för CNG-lastbil g/kWh
CO ₂	6,6
SO _x	0,02
NO _x	0,01
CH ₄	0,003
NMVOG	0,005

7.3.5 Korrigering för olika lastförmåga

Utsläppsvärdena ovan har angivits per kWh motorenergi d v s med beaktande av olika verkningsgrader för diesel- resp gasmotorn.

Olika vikt hos bränsletankarna för diesel resp gasfordonen gör att lastförmågan blir olika för ett och samma fordonschassie. I princip kan man säga att lastförmågan

minskar lika mycket som gastankarna väger. Vid sex gastankar à 75 kg minskar således lastförmågan med 450 kg. Detta är ca 6% av den totala lastförmågan, som är ca 8 ton för ett dieselfordon.

I allmänhet utnyttjas lastförmågan inte helt ut hos fordonen i LB30-projektet. I vissa fall är det volymen och inte vikten som är avgörande. I andra fall kan det vara så att "beställd" transportmängd understiger maximal lastförmåga.

Antag att vi har ett fall där lastförmågan är avgörande och fordonet är försett med 6 gastankar om totalt 450 kg. Det betyder att lastförmågan reduceras med 6% om den normalt skall vara 8 ton. Räknet per viktsenhet innebär det att emissionerna ökar med 6%.

För CO₂-ekvivalenter och övriga emissioner skulle detta innebära emissioner enligt Tabell 21.

Tabell 21 Emissioner från hela bränslekedjan korrigerat för minskad lastförmåga hos CNG-fordonet

Komponent	Utsläpp g/kWh motorenergi		
	Citydiesel	CNG	
		Okorrigerat	Korrigerat för lägre lastförmåga
CO ₂ -ekv.	843	709	752
SO _x	0,24	0,03	0,03
NO _x	6,6	2,1	2,2
CO	0,74	0,08	0,08
NMVOG	0,52	0,23	0,24
PM	0,2	0,01	0,01

Som framgår av tabellen har CNG-fordonet de lägsta utsläppen även då den minskade lastförmågan beaktas

7.4 LCC (Life Cycle Costs)

Livscykelkostnader består i princip av

- Fordonskostnader
- Drivmedelskostnader

- Kostnader för service och reparation inkl förbrukningsmaterial, smörjoljor etc.
- Försäkringskostnader
- Skrotningskostnad

Livscykelkostnaden har beräknats för två alternativ, där det ena alternativet är exklusivt och det andra alternativet inklusive skatter och avgifter.

I vissa fall, speciellt där kostnaderna är osäkra, har endast beaktats kostnadsskillnader mellan diesel- och CNG-fordon.

Samtliga kostnader har beräknats som kostnad /km körsträcka. Därvid har förutsatts en livslängd på fordonet av 10 år och en årlig körsträcka på 25 000 km. Några skillnader därvidlag mellan diesel- och gasdrivna fordon har ej gjorts.

Kostnadsuppgifterna som följer närmast härinunder avser alternativet utan skatter och avgifter. Det andra alternativet med skatter och avgifter redovisas under egen rubrik i slutet på avsnittet om LCC

7.4.1 Fordonskostnad

Priset för en dieseldriven distributionslastbil av typen Volvo FL10 varierar med det exakta utförandet men kan här antas ligga på ca 925 000 kr exklusive skatter. I dagsläget är priset för motsvarande CNG-fordon är ca 300 000 högre vilket innebär ett pris på 1 225 000 kr. Merkostnaden härrör huvudsakligen från dyrare bränsletankar och gasfordonets reglersystem för gas till motorn. Denna skillnad förutses minska framöver bl a beroende på förväntad större serietillverkning av gasdrivna fordon. Här antas dock att merkostnaden vid serieproduktion i mindre serier fortfarande ligger vid 300 000 kr.

Med en "rak" avskrivning på 10 år och under antagande av färdsträckan 25 000 km/år blir, utan hänsyn till räntor under avskrivningstiden, kapitalkostnaden för dieselfordonet 3,70 kr/km och för CNG-fordonet 4,90 kr/km

7.4.2 Drivmedelskostnad

Priset på dieselolja låg under 1997 på ca 219 öre/l exkl. skatter och avgifter och 665 öre/l inkl skatter och avgifter (Referens 11). Motsvarande pris på CNG är 331 öre/nm³ exkl. skatter och avgifter och 434 öre/nm³ inkl skatter och avgifter .

En jämförelse mellan bränsleförbrukningen hos gasfordon och dieselfordon är mycket svår att göra eftersom detta skulle kräva att någon standardiserad körcykel för detta ändamål hade överenskommit. För att göra LCC-beräkningarna har jämförande data från Volvo använts. Dessa data är uppmätta enligt körcykeln ECE R49 (se 7.1.2) och visar en merförbrukning på 15% (räknat på energibasis) för ett gasfordon.

Gasförbrukningen mäts under ovanstående körcykel inte per km utan per kWh samt är troligen inte representativ för ett fordon i stadsmiljö varför gasförbrukningen från busscykelprov skulle kunna vara lämpligare att använda. Denna har i Referens 1 och Referens 12 uppmätts till i genomsnitt 5.0 nm³/mil vilket skall jämföras med medelförbrukningen för fordonen (exkl. sopbilar, skyliftbilar och containerbilar) i projektet som har beräknats vara 4,3 nm³/mil. Den sistnämnda siffran är troligen den som är mest representativ eftersom den baseras på inrapporterade bränsleförbrukningssiffror från flertalet av de i projektet ingående fordonen. Den kommer därför att användas för beräkning av gasfordonens livscykelkostnad.

Med en 15%-ig merförbrukning för gasfordonen skulle motsvarande förbruknings-siffra för ett dieselfordon vara 4,2 l/mil. Med utgångspunkt från ovanstående värden bli drivmedelskostnaden för dieselfordonet 0,92 kr/km och för CNG-fordonet 1,42 kr/km (exkl. skatter och avgifter)

7.4.3 Kostnader för service och reparation inkl förbrukningsmaterial, smörj-oljor etc.

Service-, underhålls- och reparationskostnader har följts upp relativt noggrant för fordonen ingående i LB30-projektet. Materialet har av Volvo sammanställts i tabellform med fördelning på bl a arbets- och materialkostnader och som stapeldiagram för varje enskilt fordon uttryckt i kostnad per körd km. Volvos statistik redovisar såväl totalkostnader som gasspecifika kostnader för respektive fordon. Gasspecifika kostnader innebär service- och reparationskostnader som ej kan drabba dieseldrivna

fordon. Totalkostnad minus gasspecifik kostnad kan således betraktas som diesel-specifik kostnad.

En medelvärdesbildning med utgångspunkt från det statistiska materialet ger följande service- underhålls- och reparationskostnader:

Dieselfordonet 0,63 kr/km
CNG-fordonet 1,27 kr/km

Volvo gör den bedömningen att kostnads-skillnaden mellan diesel och CNG kommer att reduceras i framtiden.

7.4.4 Försäkringskostnader

Enligt Volvos eget försäkringsbolag Volvia är försäkringspremien samma för dieselfordon och motsvarande CNG-fordon. Försäkringspremien förhandlas fram för de enskilda fordonen men enligt Volvia kan man för LB30-fordonen räkna med ett typiskt värde på 30 000 kr/år.

Utslaget på den årliga körsträckan 25 000 km blir km-kostnaden för försäkringar 1,2 kr/km.

7.4.5 Skrotningskostnad

För lastbilar av den typ som ingår i LB30-projektet uttas ingen skrotningsavgift i samband med inköp av fordonen. Oberoende av den verkliga skrotningskostnaden och hur den finansieras kan man i praktiken räkna med samma siffror för diesel- och CNG-fordon. Enda skillnaden i skrotningshänseende ligger i gastankarna. Utslaget per km torde dock denna differens vara helt försumbar .

7.4.6 Total livscykelkostnad

I Tabell 22 har gjorts ensummering av de enskilda kostnadsposterna såsom de redovisats i avsnitten ovan

Tabell 22 Total livscykelkostnad (exkl. skatter och avgifter)

Kostnadspost	Diesel, kr/km	CNG, kr/km
Fordonskostnad	3,70	4,90
Drivmedelskostnad	0,92	1,42
Service m m	0,63	1,27
Försäkringskostnad	1,2	1,2
Totalt	6,45	8,79

Utan hänsyn till skatter och avgifter är således livstidskostnaden, utslagen per körd km, 2,34 kr högre för CNG-fordonet jämfört med dieselfordonet. Skillnaden bedöms vara ungefär samma även om skrotningskostnaden beaktas. En viss reduktion i kostnadsdifferensen kan förväntas vid mer omfattande serietillverkning av CNG-fordon men enligt Volvo, som svarar för fordonen i LB30-projektet, blir reduktionen relativt begränsad. Att räkna med helt lika "skatte- och avgiftsrensade" kostnader i framtiden torde därför ej vara realistiskt.

7.4.7 Livstidskostnader med beaktande av skatter och avgifter

En beräkning har även gjorts av livstidskostnaderna med beaktande av nuvarande beskattning av bränslen samt skatter och avgifter för fordon.

De skatter och avgifter som beaktas är fordonsskatt, vägtrafikavgift och bränsleskatter, de senare i form av energiskatt och koldioxidskatt. Accis utgår ej eftersom här aktuella fordon registreras i miljöklass II (MK II).

Fordonsskatten för dessa bilar med en skattevikt på 18 ton och utan draganordning är 984 kr/år för gasbilarna och 7960 kr/år för dieselbilarna.

Vägtrafikavgiften är samma för båda fordonstyperna och uppgår till 6314 kr/år. Då har räknats med en vikt överstigande 12 ton, inga draganordningar och max tre axlar.

Fordonsskatten och vägtrafikavgiften utslagna på 25 000 km innebär för dieselfor-

Miljö

donets del 0,57 kr/km och för CNG-fordonets del 0,29 kr/km.

Dieselolja beskattas för närvarande med 1,614 kr/liter i energiskatt och 1,058 kr/liter i koldioxidskatt dvs totalt 2,672 kr/liter. Med den tidigare antagna bränsleförbrukningen 0,42 l/km motsvarar dieseloljeskatten 1,12 kr/km.

För CNG i LB30-projektet gäller en energiskatt på 0,241 kr/Nm³ och en koldioxidskatt på 0,792 kr/Nm³. Med en bränsleförbrukning på 0,43 Nm³/km motsvarar detta 0,444 kr/km. Det skall observeras att LB30-fordonen har fått dispens från kravet på full energiskatt eftersom projektet är ett sk pilotprojekt för demonstration av naturgasdrift i tunga fordon. Normal energiskatt på naturgas för fordonsdrift är 1,678 kr/Nm³, dvs samma nivå som för dieselolja. Bränslekostnad per km med, resp utan skatt, redovisas i Tabell 23

Tabell 23 Bränslekostnad med och utan skatt

Kostnadspost	Diesel, kr/km	CNG, kr/km
Bränsle exkl. skatter	0,92	1,42
Bränsleskatter	1,12	0,44
Total bränslekostnad inkl skatter	2,04	1,86

Totalt får vi då en skattebild enligt Tabell 24 för respektive fordon:

Tabell 24 Skatter och avgifter för diesel- och CNG-fordon

Skattetyyp	Diesel, kr/km	CNG, kr/km
Fordonsskatt och vägtrafikavgift	0,57	0,29
Bränsleskatt	1,12	0,44
Totalt	1,69	0,73

Inkluderas skatter och avgifter i livstidskostnaden blir slutresultatet enligt Tabell 25.

Tabell 25 Livscykelkostnader inkl skatter och avgifter

Kostnadspost	Diesel, kr/km	CNG, kr/km
LCC, exkl. skatter	6,45	8,79
LCC, skatter	1,69	0,73
LCC inkl skatter	8,14	9,52

Som framgår av sammanställningen krymper LCC-differensen mellan de båda fordonstyperna från tidigare framräknade 2,34 kr/km till 1,38 kr/km (17% högre än LCC för dieselfordon) då skatter och avgifter beaktas.

8 Slutsatser

LB30-projektet startade under 1994 och har inneburit att 30 gasdrivna lastfordon av typen Volvo FL10 har tagits i trafik. Fordonen har körts under 4 år och använts för växlande uppgifter. Detta har gett en god uppfattning om hur fordonen har fungerat under olika driftförhållanden.

Naturgasbolagen åtog sig att under projektet driftsätta två tankstationer med uppgift att serva projektets kunder. Förutom dessa båda stationer har ett flertal andra tankningsstationer tillkommit under projektiden, liksom ett antal ny personfordonskunder.

Kunderna bedömer för närvarande att den högre totalkostnaden för ett gasdrivet fordon ej kan motivera de miljöfördelar som gasdrivna fordon ger.

Det kundsegment där efterfrågan troligen kommer att vara störst på CNG-fordon är företag som sysslar med lätt och medeltung distributionstrafik. Inom detta segment är den i LB30-projektet utnyttjade 10-litersmotorn för stor. I framtiden spås distributionslastbilar att bli mindre, energisnålare och emissionsoptimerade. Detta har redan visat sig i andra projekt t.ex. det Thermie-stödda sopbilsprojektet i Göteborg där Volvo utvecklat en 6-litersmotor för att svara upp mot kundens krav.

Viktiga faktorer för en fortsatt marknad för tunga CNG-fordon är bl a

- utbyggd infrastruktur för tankning
- större urval av fordon
- reducerad bränsleförbrukning
- hållbara emissionsprestanda hos fordonen
- minskad merkostnad för gasfordon jämfört med dieselfordon
- skattelättnader för bränsle och fordon

8.1 Infrastruktur

8.1.1 Göteborg

I Göteborg har kraven på snabbtankning och moderna betalsystem varit större än vad som förutsetts inom projektets ramar. Utvecklingen inom området har gått väsentligt fortare än vad som förutsattes vid projektstart, mycket naturligtvis beroende på det kraftigt ökande antalet fordon i Göteborg. För att möta denna ökade efterfrågan på CNG har man byggt ytterligare två tankningsstationer i Göteborg och fler planeras.

En förbättring av kundregister och möjlighet till förbättrad kundkommunikation mellan gasleverantör och kund är önskvärt i framtiden.

8.1.2 Malmö

I Malmö täcker fortfarande befintlig tankningsanläggning de behov som finns. Förutom tankningsanläggningen i Malmö, finns det i Skåne även möjlighet att tanka i Lund, Eslöv (biogas) och Helsingborg. Kapaciteten på tankningsanläggningen för biogas i Eslöv kommer under 1998 att förbättras.

8.2 Fordon

Drifts- och funktionsmässigt har bilarna uppfyllt kundernas krav i det allra flesta fall. För många tillämpningar kan en något kortare aktionsradie och ett annorlunda tankningsförlopp accepteras.

Fordonen har generellt sett fått ett gott betyg av förarna. Fordonen har, med något enstaka undantag, fungerat väl och visat sig likvärdiga med dieselfordon för alla de områden där de använts under projektet. Bränsleförbrukningen för fordonen har i något fall upplevts som hög. Vidare jämförelser av bränsleförbrukningen hos gasfordon i jämförelse med motsvarande dieselfordon bör därför genomföras.

Miljö

Under projektets gång har ofta förfrågningar kommit rörande mindre distributionslastbilar med t ex 6-liters motorer. Detta har resulterat i att Volvo nu har tagit fram en gasversion av sin FL6-serie, som bl a kommer att testas i ett projekt i Göteborg inom ett Thermie-projekt som koordineras av ENGVA (European Natural Gas Vehicle Association).

8.3 Miljö

Gasfordonen har mycket låga utsläpp av partiklar, CO och hälsofarliga ämnen och detta gör dem mycket lämpliga i en stadsmiljö. Jämfört med dieselfordon har gasfordon mindre utsläpp av ämnen som bidrar till klimatförändringar.

Emissionerna av kolväten är initialt mycket låga hos fordonen men stiger under fordons drift till en nivå som ligger över de gränsvärden som föreskrivs i EURO II-normen. Kolväteemissionerna består till utslutande del av metan och utsläppen av NMHC är följaktligen mycket låga. För att komma till rätta med metanemissionerna kommer ökade insatser att krävas för att förbättra möjligheten att förbränna metan efter motorn (katalysatorutveckling) samt för att bättre kunna kontrollera förbränningsförloppet.

Bättre möjligheter att styra förbränningen kan även innebära bättre möjligheter till låga kväveoxidemissioner. Dessa låg initialt på en nivå som understeg målsättningsvärdet 2,0 g/kWh men har vid de sista mätningarna inom projektet överstigit målsättningsvärdet varför ytterligare insatser bör göras för att förbättra motorns styrsystem.

8.4 Ekonomi

Livscykelkostnaderna för ett naturgasfordon inom LB30-projektet är f n ca 18% högre än för motsvarande dieselfordon (inkl skatter och avgifter). Denna skillnad beror huvudsakligen på fyra olika faktorer

- bränslekostnader
- inköpspris

- servicekostnader
- skatter och avgifter.

Bränslekostnaden är ca 10% lägre (inkl skatter och avgifter) för ett CNG-fordon. Detta förutsätter att skattedispens kan erhållas för CNG (se 7.4.7). Bränslekostnaden kan naturligtvis variera mellan fordon under olika driftförhållande men generellt bör de finnas en viss kostnadsfördel med drift på metangas.

Inköpspriset för gasfordon kommer sannolikt alltid att vara högre än för motsvarande dieselfordon men troligtvis kan man med större serier och förbättrad teknik minska skillnaden i framtiden. För fordonen är skillnaden ca 30% till dieselfordonens fördel.

Servicekostnaderna har i detta projekt visat sig vara högre för gasfordonen. Denna ökade kostnad är till utslutande del att hänföra till den service som fordrats på bilarnas gassystem samt skillnader i servicerutiner för gasfordon och dieselfordon. På sikt borde gasfordon kunna nå samma eller t o m lägre servicekostnader som dieselfordon. Skatter och avgifter är f n lägre för gasdrivna fordon än för dieselfordon. Denna skillnad är dock f n ej tillräcklig för att ekonomiskt motivera transportföretag att i någon större utsträckning använda sig av gasfordon. Ett användande av gasfordon motiveras oftast av ett miljöengagemang hos kunden samt ev krav på fordon med låga emissioner inom de geografiska områden där kunden är verksam (miljözoner).

9 Utveckling

9.1 Utveckling av gasfordonssektorn i Sverige

Introduktionen av gasfordon i Sverige har, till skillnad från övriga Europa, skett huvudsakligen baserat på miljöargument. I övriga Europa har introduktionen i större utsträckning baserats på ekonomiska ställningstaganden.

Denna miljömedvetenhet hos gasbolag och fordonstillverkare har resulterat i en svensk gasfordonsflotta med internationellt sett låga emissioner.

Gasfordonsverksamheten i Sverige inleddes i större skala i och med Nordiska Gasbussprojektet, som drevs under slutet av 80-talet. Projektet fick som resultat ett 80-tal gasbussar i Göteborg och Malmö och ett 20-tal bussar i Lund. Denna verksamhet har sedan dess utökats med ytterligare bussar, främst i Lund och Malmö och man räknar nu med att Malmö har norra Europas största bussflotta som drivs med naturgas.

Volvo och Scania var tidiga med att satsa på gasfordon och har genom en målmedveten satsning på goda miljöegenskaper hos sina bussar, även nått internationella framgångar med leveranser till länder som Danmark, Kanada, Storbritannien, Australien, Irland och Spanien.

Antalet gasfordon i Sverige växer hela tiden och en av de största satsningarna på gasfordon gör Volvo som under 98 kommer att byta ut en del av sina tjänstebilar till gasfordon (Volvo V70 BiFuel) och även, i samarbete med Göteborg Energi, uppföra en ny tankningsanläggning i anslutning till sina anläggningar i Göteborg.

Antalet tankningsanläggningar i Sverige är än så länge begränsat till ett drygt 10-tal men planer på utbyggnad av tankningsanläggningar pågår på ett antal platser i landet som t.ex. Varberg, Kalmar, Jönköping och Kristianstad. I takt med att antalet tankningsstationer växer kommer natur-

ligtvis även möjligheterna att använda gasfordon, även för längre transporter, att öka. Detta kan innebära att fordon för fjärrtransporter kan vara en framtida marknad för gasformiga bränslen.

9.2 Internationell utveckling

Gasdrivna fordon är ingen ny företeelse utan har förekommit under större delen av 1900-talet. Efter 1950 har antalet hela tiden ökat med Italien, Ryssland och USA som föregångsländer.

Det är för närvarande svårt att ge en tillförlitlig uppgift på antalet gasfordon i världen eftersom siffran ständigt ökar. Under 1996 passerades milstolpen 1 miljon gasfordon i världen.

Tabell 26 Naturgasdrivna fordon

Källa: Referens 3

Land	Antal gasfordon	Antal tankstationer
Argentina	401000	531
Italien	290000	284
Ryssland	205000	187
USA	60000	1102
Nya Zeeland	25000	190
Kanada	17220	120
Brasilien	14000	39
Colombia	4600	22
Indonesien	3000	12
Indien	2500	6
Pakistan	4000	12
Tyskland	2415	55
Kina	2000	10
Venezuela	1500	20
Australien	1000	35
Malaysia	975	8
Frankrike	869	9
Iran	800	1
Japan	1211	42
Holland	535	15
Bolivia	400	6
Storbritannien	370	15
Sverige	287	5
Trinidad	3000	13
Belgien	217	6
Burma	200	
Chile	1600	
Turkiet	189	3
Thailand	82	
Bangladesh	65	
Irland	34	1
Tjeckien	30	11
Polen	20	4
Schweiz	20	3
Österrike	13	1
Nigeria	11	2
Egypten	6	
Danmark	5	1
Norge	5	1
Finland	4	1
Korea	4	1
Mexiko	1	3
Algeriet		1

I Europa är Italien ett föregångsland avseende naturgasfordon. Fordonen är till största delen personfordon och utvecklingen har till stor del kommit till stånd genom ett samarbete mellan FIAT och gasdistributören SNAM. Man har satt upp målet att dubbla antalet gasfordon från 1996 fram till år 2003 vilket då skulle innebära ca en halv miljon gasfordon i Italien.

Tyska fordonstillverkare som VW, BMW, Mercedes och MAN är alla aktiva inom NGV-utvecklingen och har tagit fram naturgasversioner av flera av sina modeller. Osäkerheter rörande beskattningen av naturgas som fordonsbränsle har dock bidragit till att marknaden ej expanderat så kraftigt som i Italien.

10 Referenser

Referens 1 Egebäck, K-E. (1996). Karaktärisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB-50 projektet. Rapport SGC 077.

Referens 2 Maltesson, H-Å. (1996). Biogas för fordonsdrift. Kvalitetsspecifikation. KFB-Rapport 1997:4.

Referens 3 IANGV's hemsida,
www.iangv.org.nz

Referens 4 Naturgasdrivna bussar i Malmö, TFB-rapport 1992:19, 1992

Referens 5 Gaskvalitet 4 kvartal 1997, information från Danskt Gastekniskt Center a/s

Referens 6 A Johansson et al, The life of fuels. Motor Fuels from Source to End Use, Ecotraffic, Stockholm, Mars 1992

Referens 7 Miljödepartementet, Bättre klimat, miljö och hälsa med alternativa drivmedel (Alternativbränsleutredningen) SOU 1996:184

Referens 8 Thunell J, Underlag för Sydkrafts LCA för elproduktion avseende naturgas, Arbetsmaterial 1997

Referens 9 Frischknecht R et al, Ökoinventare für Energiesysteme, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, 2 Auflage, Mars 1995

Referens 10 Bert Inge Bertilsson, Volvo, Personlig kommunikation 1998

Referens 11 Svenska Petroleuminstitutets hemsida www.spi.se

Referens 12 Karl Erik Egebäck, Karaktärisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB50-projektet, Andra provomgången, SGC-rapport under arbete

Referens 13 Karl Erik Egebäck, Karaktärisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB50-projektet, tredje och fjärde provomgången, SGC-rapport under arbete

Referens 14 ENGVA News, April 1998, nr 4

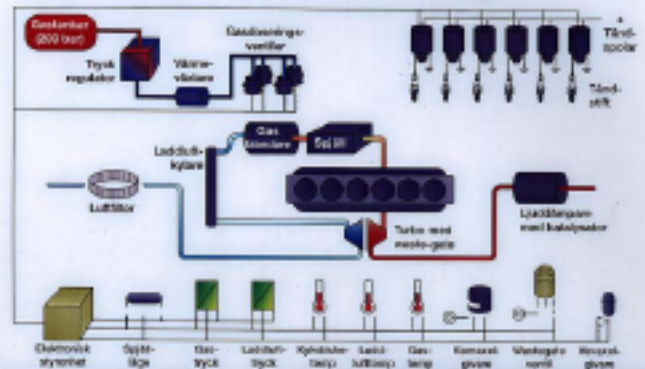
11 Bilagor

Bilaga 1 Volvo FL10 - Styrssystem för gasmotor TG 103

Bilaga 2 Volvo FL10 - Schema för vagnens interna gassystem

Bilaga 3 En älskad bit av centrala Göteborg, helsidesannons i Göteborgsposten augusti 1996

Volvo naturgaslastvagn



Volvo Lastvagngruppen

VOLVO

Volvo naturgaslastvagn

Gassystem

