
Rapport SGC 093

KARAKTÄRISERING AV EMISSIONER FRÅN
NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM
LB50-PROJEKTET
Andra provomgången

Karl Erik Egebäck

Miljöteknik
Luleå Tekniska Universitet

September 1998



Rapport SGC 093
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--93--SE

Rapport SGC 093

KARAKTÄRISERING AV EMISSIONER FRÅN
NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM
LB50-PROJEKTET
Andra provomgången

Karl Erik Egebäck

Miljöteknik
Luleå Tekniska Universitet

September 1998

SGC:s FÖRORD

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

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

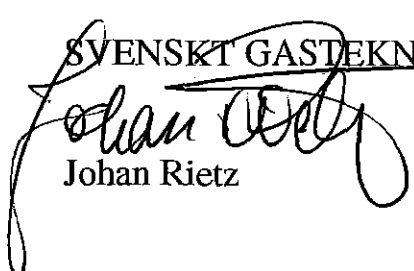
En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

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

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Sydgas AB
Göteborg Energi AB
Vattenfall AB
NUTEK

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

KARAKTERISERING AV EMISSIONER FRÅN NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB 50- PROJEKTET

Andra provomgången

SAMMANFATTNING

Inom LB 50 projektet har en modell av gasdriven lastbil, Volvo FL 10, med en motor benämnd TG 103, utvecklats och ett antal lastbilar producerats. Av dessa har tre bilar varit föremål för provning för karakterisering av emissionerna vid ett första tillfälle (Egebäck, 1996) och två bilar vid ett andra tillfälle, som nu rapporteras. Resultaten från emissionsmätningarna vid detta andra tillfälle jämförs med resultaten från det första tillfället och därvid visas anmärkningsvärt stora skillnader i utsläppsnivåer.

Provprogrammet omfattade emissionsmätningar vid prov enligt 13 mode cykeln och den s k busscykeln (Stochastischer Fahrzyklus für Stadtlinien Omnibusse") även benämnd Braunschweig-cykeln till följd att den utvecklats vid universitetet i Braunschweig i Tyskland. Vid prov enligt den senare nämnda körcykeln mättes även utsläppen av sådana föroreningar som inte är underställda lagkrav och som därför betecknas icke reglerade emissioner. I övrigt mättes reglerade emissioner vid både 13 mode cykeln och busscykeln. Båda dessa körcykler respektive provmetoder beskrivs i rapporten från de tidigare proven (Egebäck, 1996). Provtagningarna för avgasanalyserna utfördes under det att fordonet kördes på en s k chassidynamometer som simulerar fordonets körning på väg.

"Mode" är i det här sammanhanget beteckningen för "belastningssteg" hos 13 mode cykeln, och körcykeln är en konstantbelastningscykel, som består av tre steg med tomgång och tio steg med konstant motorbelastning vid två olika varvtal och olika motorbelastningar för varje steg. De lagfasta emissionskraven i Sverige, som överensstämmer med EU-kraven på området, baseras på prov på motor enligt denna körcykel och gränsvärdena är idag för:

HC:	1,1 g/kWh
CO:	4,0 g/kWh
NO _x :	7,0 g/kWh
Partiklar:	0,15 g/kWh (med undantag för en viss typ av motor för vilken kravet är 0,25 g/kWh).

Volvo som ansvarat för utvecklingen av den aktuella gasdrivna motorn har specificerat nedanstående gränsvärden för motorn vid prov enligt ECE R49 (ett reglemente som beskriver hur provet ska utföras och som anger att provet ska utföras enligt 13 mode cykeln). Specifikationen är för:

THC:	1,1 g/kWh (kolväten inklusive metan)
CO:	0,3 g/kWh
NO _x :	2,0 g/kWh
NO ₂ :	0,5 g/kWh
Partiklar	0,05 g/kWh
CO ₂ ekv:	som diesel

Som tillägg till de föroreningar som specificerats av Volvo har prov tagits vid busscykeln för analys av form- och acetaldehyd, eten, propen, 1,3 butadien, metanol och etanol.

Resultaten från emissionsmätningarna enligt 13 mode cykeln visar att specifikationerna enligt Volvo inte uppfylls vid detta andra prov. Detta gäller med några undantag utsläppen av alla reglerade föroreningskomponenter. Resultaten visar att utsläppen är särskilt stora för HC men även utsläppen av CO och NO_x är större hos en av bilarna än den av Volvo givna specifikationen. Vid nu utförda emissionsmätningar erhöles följande resultat vid 13 mode cykeln.

Bil 1

HC (totalt): 4,94 g/kWh

CO: 2,46 g/kWh

NO_x: 3,81 g/kWh

Partiklar: 0,0075 g/kWh

Bil 2

HC (totalt): 3,88 g/kWh

CO: 0,03 g/kWh

NO_x: 1,50 g/kWh

Partiklar: 0,0145 g/kWh

Vid den transienta körcykeln, som betecknas "busscykeln" är utsläppen av HC (metan) särskilt stora hos båda bilarna medan CO-utsläppet är stort hos den ena bilen och litet hos den andra bilen. De icke reglerade emissionerna bedöms generellt sett ligga på en förhållandevis låg nivå hos den ena bilen men på en förhållandevis hög nivå hos den andra bilen.

Bil 1

HC (totalt): 20,86 g/km

CO: 10,61 g/km

NO_x: 6,06 g/km

Partiklar 0,03 g/km

Bil 2

HC (totalt): 24,18 g/km

CO: 0,14 g/km

NO_x: 5,25 g/km

Partiklar: 0,02 g/km

1. INLEDNING	4
2. PROGRAMMET FÖR EMISSIONSMÄTNINGAR	4
2.1 Provtagning under körning på chassidynamometer	4
2.2 Körcykler och mätmetoder	4
2.3 Analys av reglerade emissioner	7
2.4 Analys av icke reglerade emissioner	8
3. EMISSIONSMÄTNINGARNA	8
3.1 Resultat för reglerade och icke reglerade emissioner	8
3.2 Jämförelser av emissionsvärden för de två mätomgångarna	11
4. SLUTSATSER	15
REFERENSER	16
BILAGA	16

1. INLEDNING

Som ett led i ett projekt för utveckling och demonstration av lastbilar drivna med naturgas (CNG), det s k LB 50-projektet, genomförs ett program för karakterisering av avgasemissioner. Programmet omfattade i en första omgång emissionsmätningar på tre av lastbilarna i fordonsflottan och dessa mätningar utförs hos svensk Bilprovnings Motortestcenter (MTC) genom kontrakt mellan Svenskt Gastekniskt Center (SGC) och Svensk Bilprovning (ASB).

Vid en andra omgång mätningar, som rapporteras här har programmet begränsats till två bilar. PAH-analyser och biologiska test utfördes inte vid denna omgång av emissionsmätningar.

2. PROGRAMMET FÖR EMISSIONSMÄTNINGAR

Förutsättningarna för provtagning, analyser och test har varit följande:

- Prov på chassidynamometer enligt 13 mode cykeln.
- Prov på chassidynamometer enligt Braunschweig-cykeln (busscykel).
- Provtagning för analys av icke reglerade emissioner.
- Analys av aldehyder, olefiner, metan, metanol, etanol och andelen NO_2 av NO_x .

I en tidigare rapport (Egeback, 1996) presenteras det totala programmet för emissionsmätningarna.

2.1 Provtagning under körning på chassidynamometer

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

En fullständigare beskrivning av chassidynamometerns inställning har presenterats i den tidigare rapporten (Egeback, 1996)

Provtagning för analyser har skett enligt två olika principer, direktprovtagning respektive provtagning sedan avgaserna späts ut med luft i en s k 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 busscykel. FTIR-analyserna är dock gjorda i icke spädda avgaser, se för övrigt nästa avsnitt. Provtagning för mätning av partikelutsläpp har utförts i spädda avgaser vid prov enligt både 13 mode cykel och busscykel.

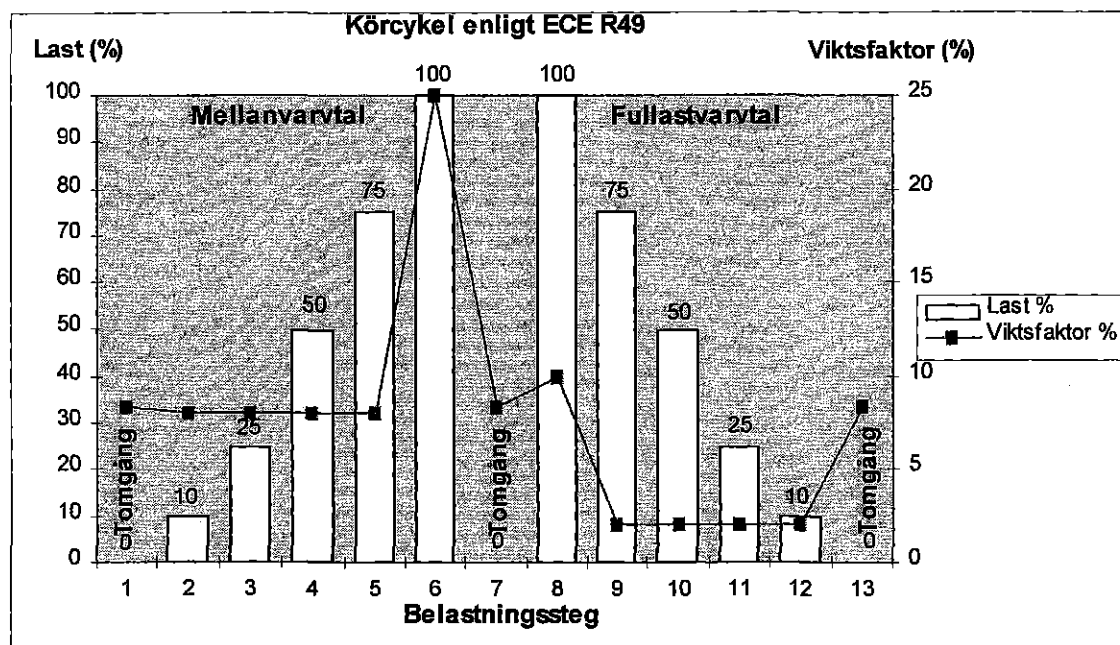
2.2 Körcykler och mätmetoder

En fullständigare beskrivning av chassidynamometerns inställning har presenterats i den tidigare rapporten (Egeback, 1996).

Till följd av att prov inte utförts enligt standarden för 13 mode 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 1. Eftersom provtagningar och analyser, inställning av motorbelastning etc., utförs enligt standardproceduren för mätning på bl a motorer till tunga fordon även vid mätning på chassidynamometer, kan resultaten från denna mätning väl jämföras med mätningar på motor.

På grund av att standardiserade metoder saknas nästan helt för avgasmätning vid användning av alternativa bränslen hänvisas till en rapport utarbetad för alternativbränsleutredningen, i vilken metoder för provtagning beskrivs ingående (Egebäck och Westerholm, 1996).



Figur 1. 13 mode cykeln inklusive viktsfaktorer.

Av Figur 1 framgår att 13 mode cykeln är en konstanbelastningscykel, som omfattar tre tomgångs-steg 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 angetts med ett siffrvärde i procent av maximala motoreffekten vid mellanvarvtalet respektive fullastvarvtalet. Provet utförs i den ordning, som belastningsstegen anger.

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

$$BSE_{mass} = \frac{\sum (E_{mass, i} * WF_i)}{(\sum P_i * WFi)}, \text{ där } i \text{ går från } 1 \text{ till } 13$$

BSE_{mass} = Utbromsade ("Brake") Specifika emissionen för CO, HC respektive NO_x (g/h)

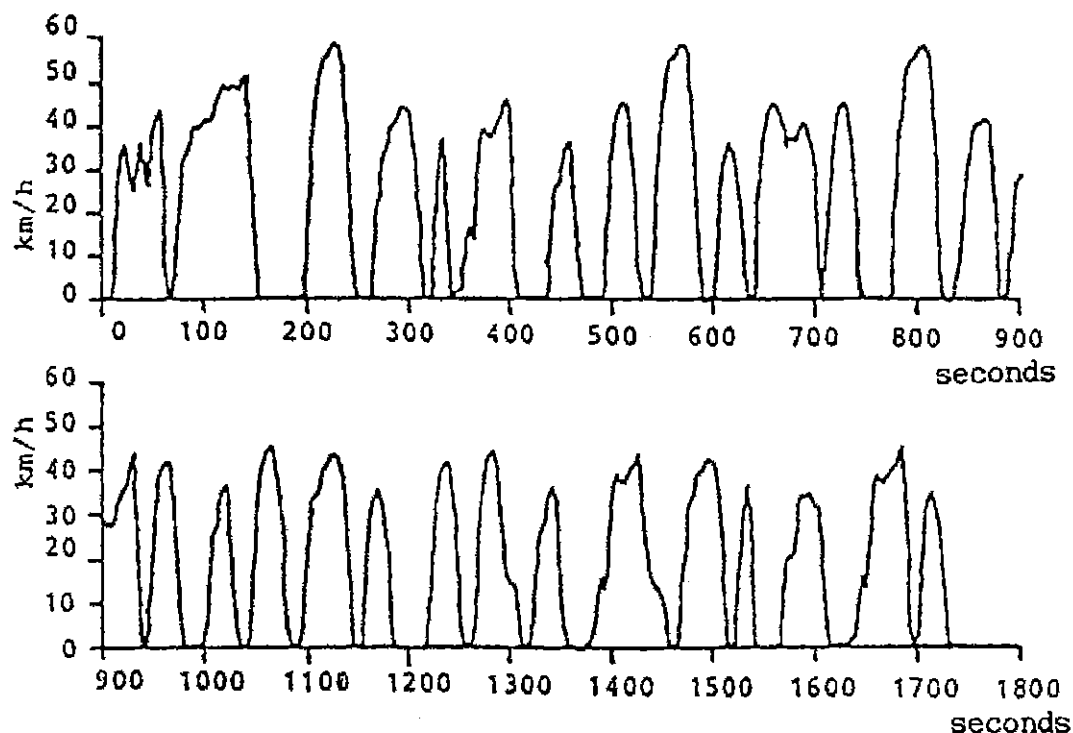
P = ej korrigerad motoreffekt effekt (kW)

WF = viktsfaktor (se Figur 1)

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 s k "Busscykel" 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 av kända

körcykler för bussar i stadstrafik, Figur 2. Numera finns det andra körcykler som med fördel skulle kunna användas för prov på chassidynamometer. 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 (Egebäck, 1996).



Figur 2. 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 LB 50-projektet bör kunna jämföras med data från prov med andra bränsle-motorkombinationer så långt detta är möjligt. Körcykeln är 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 analys. 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 s k "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 tomgångsflöde till fullastflöde. När avgasflödet ökar minskar flödet av spädningsluft och följaktligen ökar det när avgasflödet minskar, dvs summan av flödet av avgaser plus spädningsluft 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. Det finns flera skäl till att späda avgaserna med hjälp av en CVS t ex:

- ✘ Avgaserna innehåller en hög halt vattenånga som kondenserar och därigenom finns en risk för att vattenlösliga föreningar löses i kondensvattnet, vilket förhindras eller begränsas om avgaserna späds med "ren" luft. Vid provtagning i icke spädda avgaser finns även en risk för utfällning (kondensering) av tunga kolväten. Genom att späda avgaserna med luft minskas risken för kondensation.
- ✘ Vid provtagning i icke spädda avgaser finns en risk för bildning av artefakter, dvs kemisk(a) förening(ar) som bildas artificiellt under provtagningen och särskilt vid mätning av partikelutsläpp.
- ✘ Ett viktigt skäl till att använda CVS är att provtagningen underlättas och detta särskilt när provtagning skall ske vid körning enligt transient körcykel.
- ✘ Utspädningen skall spegla den utspädning av avgaserna i tätorsmiljön, som sker när de lämnar bilens avgasrör.

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.

2.3 Analys av reglerade emissioner

Med reglerade emissioner avses 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 LB 50-projektet har reglerade emissioner mätts även vid prov enligt busscykeln, men i det fallet i avgaser, som späts 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. För en utförligare redovisning av provtagningsmetoder hänvisas till (Egebäck, 1996) och (Egebäck och Westerholm 1996).

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

CO och CO₂: Infrarödanalysator utan spridningsoptik (NDIR).

HC: Icke specifikt med flamjonisationsdetektor (FID). För analys av metan, se nedan!

NO/NO_x: Chemiluminiscens analysator (CHEM). NO₂ bestäms genom skillnaden mellan NO_x och NO (NO_x - NO = NO₂).

Partiklar: 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.

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

2.4 Analys av icke reglerade emissioner

Utöver ovan angivna emissioner omfattar enligt provprogrammet 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^1) eller och etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}^2$) eller). 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 acetonnitril och analyseras på HPLC ("high performance liquid chromatography").
- För 1,3 butadien tas prov för analys med FTIR.
- För metanol och etanol tas ofta prov genom impinger-flaskor med rent, iskyllt vatten. Analys utförs då med gaskromatograf. MTC använder tekniken med (FTIR) för provtagning och analys av alkoholer.
¹MeOH: Vanligen använd beteckning för metanol i skrift (i tabeller).
²EtOH: Vanligen använd beteckning för etanol i skrift (i tabeller).

3. EMISSIONSMÄTNINGARNA

Emissionmätningarna utfördes på två fordonen:

Bil 1: S-68820*277711, reg. Nr ABW 660

Bil 2: S-68820*277714, reg. Nr ABW 850

Bilarna transporterades på trailer till AB Svensk Bilprovnings Motortestcenter i Jordbro, där emissionsmätningarna utfördes.

3.1 Resultat för reglerade och icke reglerade emissioner

I följande avsnitt redovisas resultaten för prov enligt 13 mode cykeln och för busscykeln i två skilda avsnitt. Resultat för reglerade och icke reglerade emissioner presenteras i Figur 3 till Figur 10 för prov enligt 13 mode cykeln och prov enligt busscykeln.

Resultat från prov enligt 13 mode cykeln

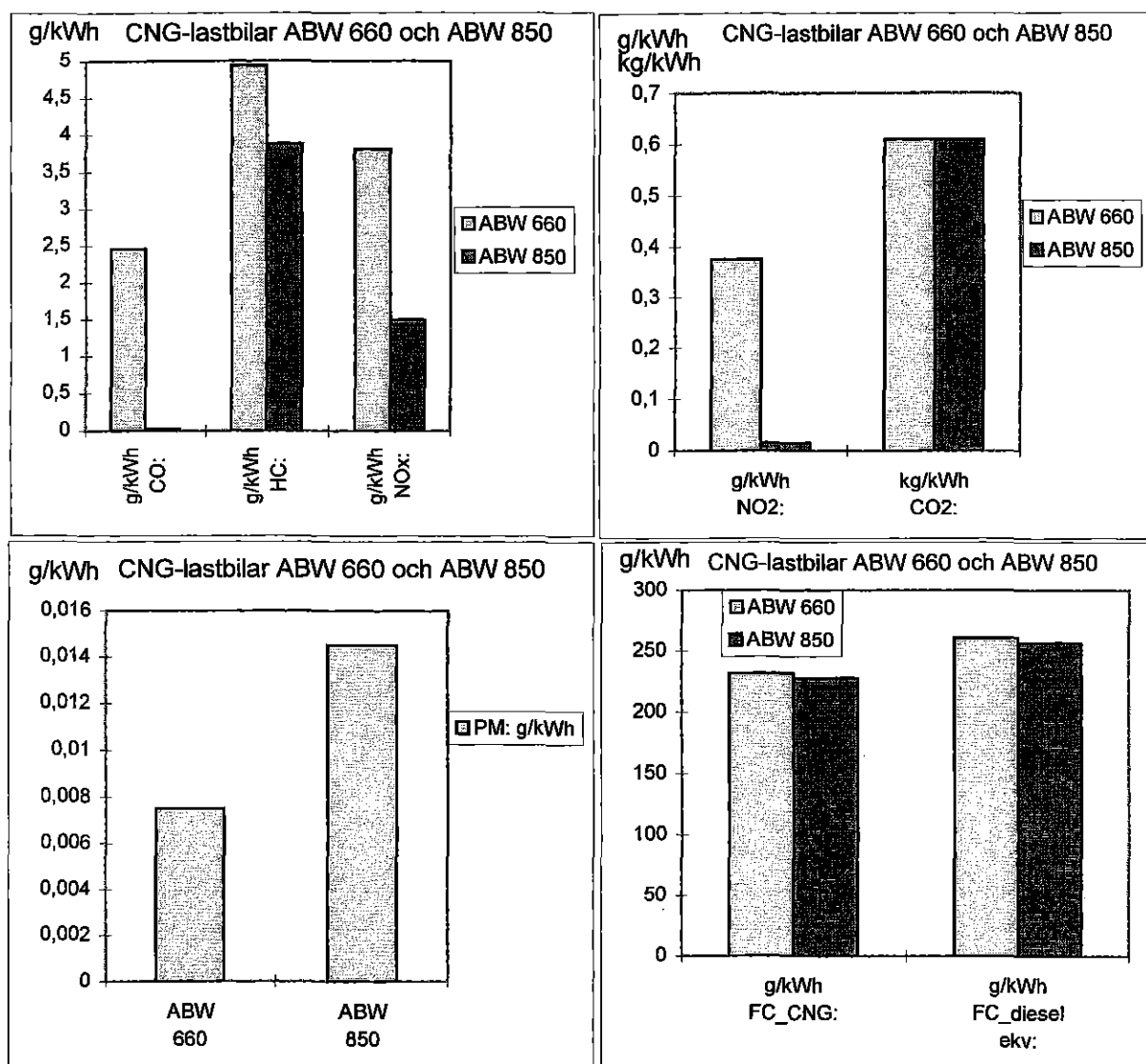
Resultaten från prov enligt 13 mode cykeln redovisas som summavärden i följande tabell, Tabell 1, och åskådliggörs i nedanstående figurer. Alla mätvärden redovisas i BILAGA till rapporten.

Tabell 1. Resultat från prov enligt 13 mode cykeln. Medelvärden av två prov.

Fordon	CO:	HC:	NO _x :	NO ₂ :	PM:	CO ₂ :	FC_CNG:	FC_diesel:	Power:
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	kg/kWh	g/kWh	g/kWh	Kw
ABW 660	2,46	4,94	3,81	0,375	0,0075	0,61	231,5	260,5	76,4
ABW 850	0,03	3,88	1,5	0,015	0,0145	0,61	227,5	256,5	78,0

Som framgår av Tabell 1 är det en betydande skillnad mellan mätvärdena för Bil 1 (ABW 660) och Bil 2 (ABW 850). Bil 1 uppvisar större utsläpp av CO, HC och NO_x än Bil 2. Frånsett det höga värdet för total HC är värdena låga för Bil 2. Partikelutsläppen är små för båda bilarna.

I följande figurer åskådliggörs utsläppsnivåerna för både Bil 1 och Bil 2 så att de kan jämföras.



Figur 3. Utsläpp av reglerade emissioner samt CO₂ och NO₂ vid prov enligt 13 mode cykeln.

Resultat från prov enligt busscykeln

Resultaten från prov enligt busscykeln omfattar både reglerade och ett antal icke reglerade emissioner, vilket framgår av följande tabeller och figurer.

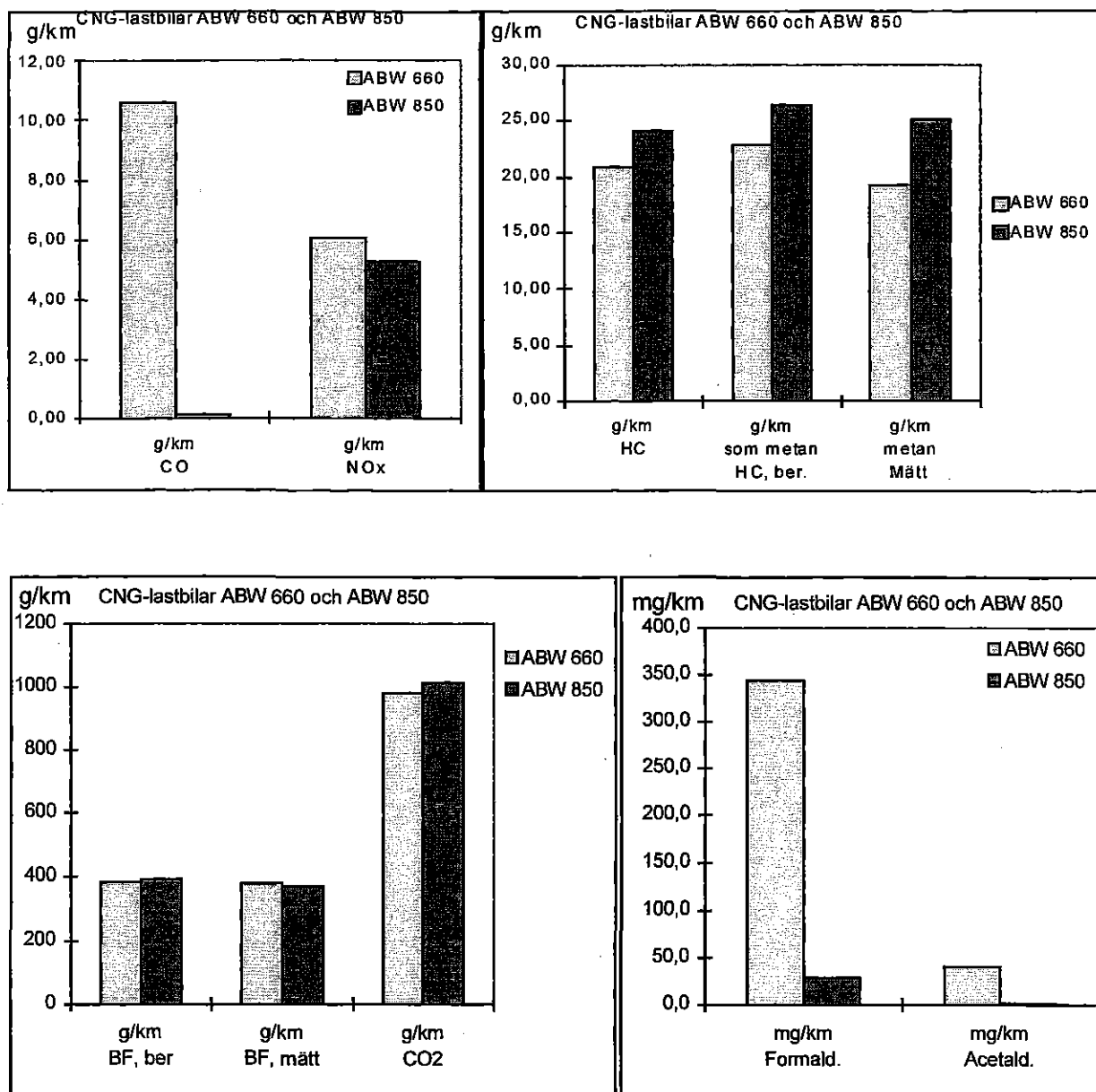
Tabell 2. Resultat från prov enligt busscykeln. Medelvärden av tre prov på vardera bilen.

Prov nr	CO g/km	HC totalt g/km	HC, ber. som metan g/km	Mätt metan g/km	NO _x g/km	PM g/km	BF, ber g/km	BF, mätt g/km	CO ₂ g/km
ABW 660	10,61	20,86	22,69	19,18	6,06	0,03	384	379	979
ABW 850	0,14	24,18	26,31	25,06	5,25	0,02	393	368	1012

Tabell 3. CO, HC CO₂ och bränsleförbrukning. Resultat från mätning av icke reglerade emissioner. Medelvärden av tre prov på vardera bilen.

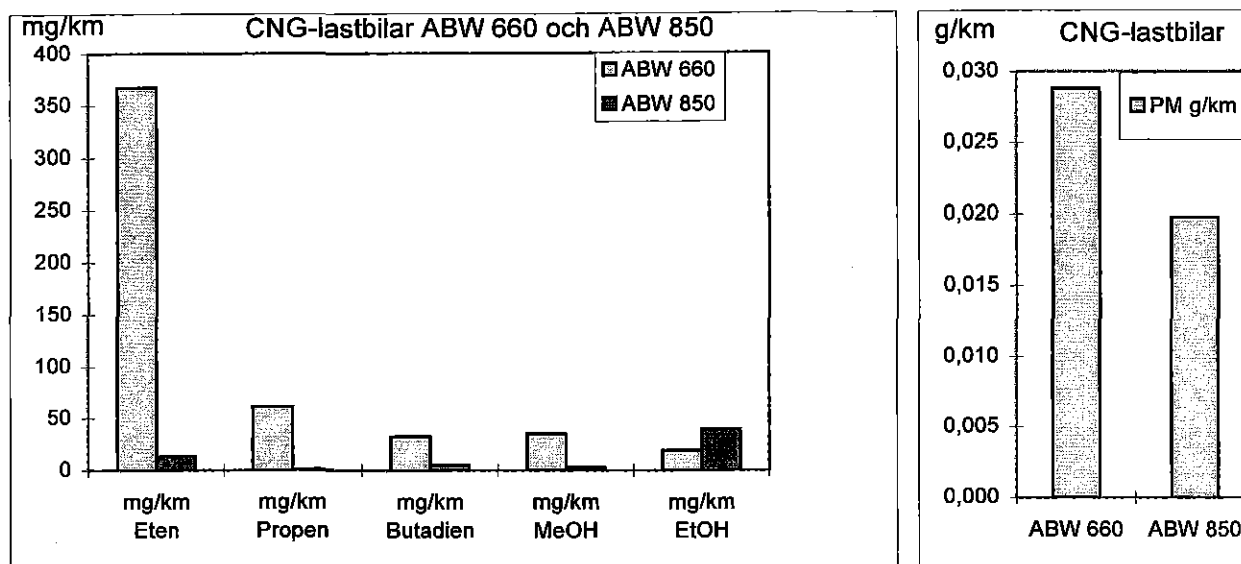
Prov nr	Formald. mg/km	Acetald. mg/km
ABW 660	343,7	40,5
ABW 850	28,5	1,7

Prov nr	Eten mg/km	Propen mg/km	Butadien mg/km	MeOH mg/km	EtOH mg/km
ABW 660	367	61	32,5	35	19
ABW 850	13	1	5	3	39



Figur 4. Bränsleförbrukning och utsläpp av CO₂, formaldehyd och acetaldehyd i g/km vid prov enligt busscykeln.

Av Figur 4 och Figur 5 framgår att nivån för särskilt CO är mycket högre för Bil 1 än för Bil 2 även vid prov enligt busscykel och skillnaderna för alla icke reglerade emissioner mellan Bil 1 (ABW 660) och Bil 2 (ABW 850) är i likhet med CO särskilt påtaglig (Figur 5) utom för etanol (EtOH). Nivån för CO kan bedömas som hög (Bil 1) och särskilt för formaldehyd och eten är nivåerna höga för att vara en gasdriven bil med magermotor ("lean burn"). Nivåerna för andra icke reglerade emissioner ligger på en lägre nivå, men de kan i något fall bedöms ändå vara något höga. I Tabell 3 visas de siffermässiga resultaten för icke reglerade emissionerna.

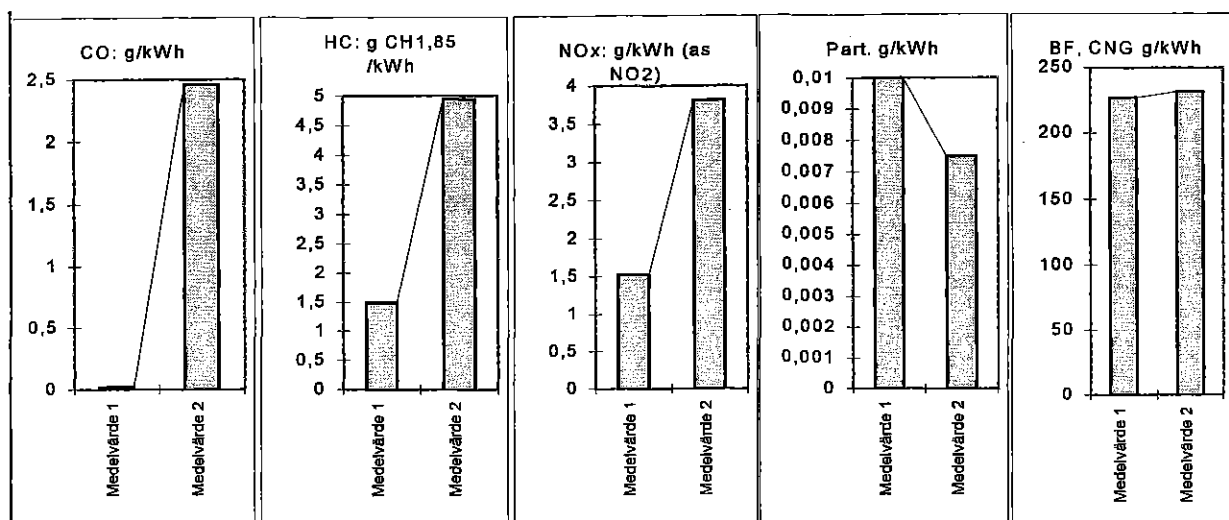


Figur 5. Utsläpp av vissa icke reglerade emissioner och av partiklar vid prov enligt busscykeln. Medelvärden av tre prov på vardera bilen.

Sammanfattningsvis kan pekas på att skillnaderna i emissionsnivåer är påtagliga vid jämförelser mellan Bil 1 (ABW 660) och Bil 2 (ABW 850). Detta gäller särskilt för CO och de icke reglerade emissionerna vid prov enligt både 13 Mode cykel och busscykeln. Vid prov enligt 13 Mode cykeln gäller att skillnaderna i emissionsnivåer mellan Bil 1 och Bil 2 är påtaglig även för NO_x och HC medan däremot förhållandet är snarare tvärtom för HC vid busscykeln där nivån ligger högre för Bil 2 jämfört med Bil 1. Utsläppen av partiklar är små och ligger nära gränsen för god mätnoggrannhet. Det går därför inte att med säkerhet avgöra om det är någon verklig skillnad mellan Bil 1 och Bil 2. Tendensen från mätningarna enligt 13 mode cykeln, att den beräknade bränsleförbrukningen är något större än den uppmätta, framstår tydligt här. Med betraktande av CO₂ emissionen kan slutsatsen dras, att värdena för den beräknade bränsleförbrukningen ger ett sannare värde än den uppmätta bränsleförbrukningen.

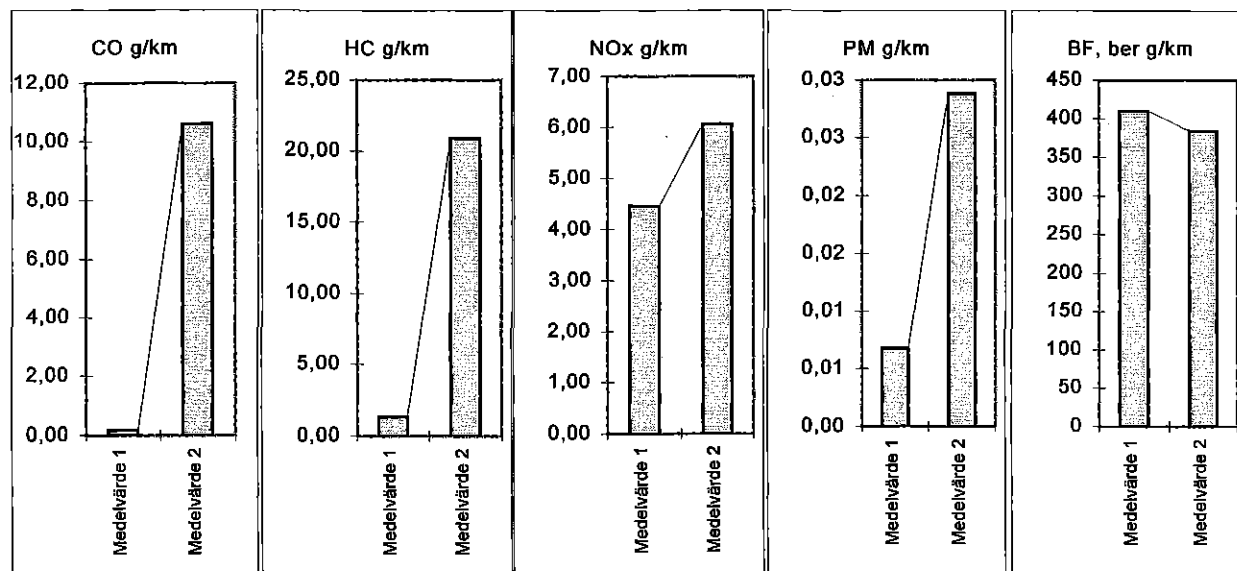
3.2 Jämförelser av emissionsvärden för de två mätomgångarna

Vid första omgångens mätningar var bedömningen att de undersökta naturgasdrivna lastbilarna mötte uppställd målsättning för emissionsprestanda. Mätarställningen hos de nu aktuella bilarna, ABW 660 och ABW 850, var 20 respektive 103 km vid första provomgången och 14 248 km respektive 5 869 km vid andra provomgången. Med hänsyn till de stora förändringarna hos emissionsnivåerna har uppenbarligen någonting hänt, vilket påverkat emissionerna i många fall i negativ riktning. Det bör pekas på att bilarna är försedda med oxiderande katalysator. I följande figurer åskådliggörs skillnaderna i emissionsnivåer vid provomgång 2 ("Medelvärde 2") jämfört med provomgång 1 ("Medelvärde 1") för de två aktuella bilarna ABW 660 och ABW 850.



Figur 6. Skillnader mellan första ("Medelvärde 1") och andra ("Medelvärde 2") omgångens emissionsmätningar enligt 13 mode cykeln på bilen ABW 660.

Det har redan pekats på att emissionerna av kolmonoxid, totalkolväten (i huvudsak metan) och kväveoxider ökat kraftigt hos bilen ABW 660 från första provomgången medan partikelemissionen ligger på ungefär samma nivå. Orsaken till ökningarna bedöms vara en kombination mellan ändrad motorinställning mot "fetare" bränsle-luftblandning orsakad av ökat tryckfall i avgaskanalen genom viss blockering i katalysatorn och försämrad funktion hos katalysatorn. Oxidation av metan kräver högre temperatur hos katalysatorn än oxidation av andra kolväten. Dessutom är risken för att katalysatorn utsätts för temperaturstress om halten av oxiderbara ämnen i avgaserna (metan och kolmonoxid) är hög. Undersökningar hos Volvo, efter att emissionsmätningarna utförts visade, att katalysatorn vibrerat sönder p g a den saknade "mesh gasket", vilken senare har införts på bilarna.



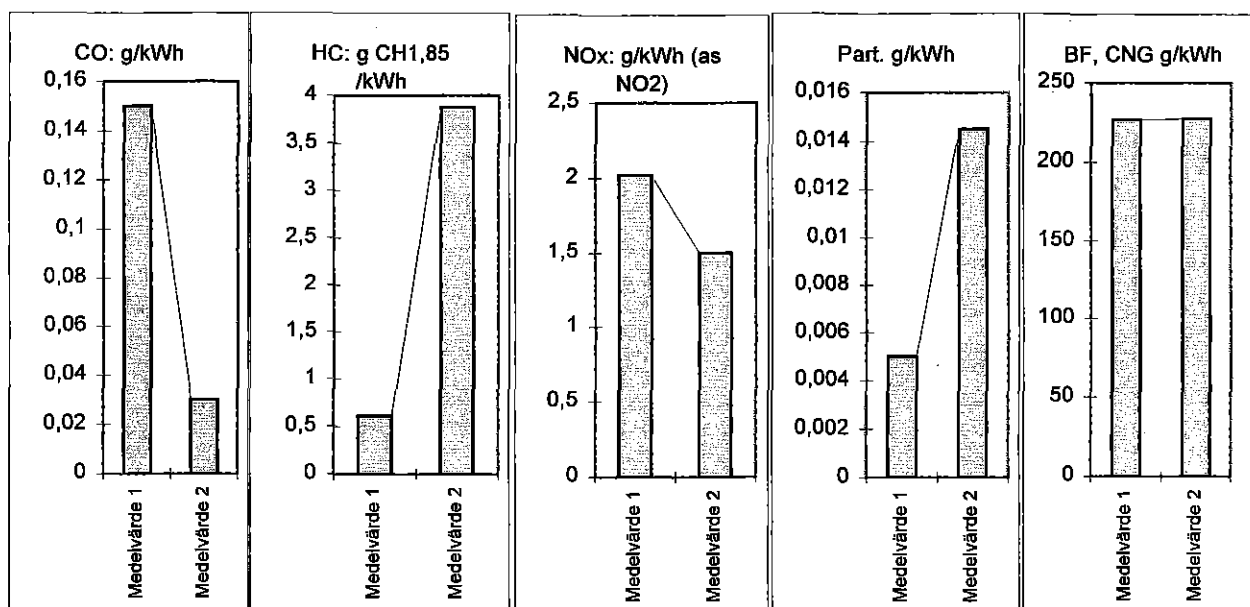
Figur 7. Skillnader mellan första ("Medelvärde 1") och andra ("Medelvärde 2") omgångens emissionsmätningar enligt busscykeln på bilen ABW 660.

De kraftigt ökade emissionerna av CO, HC och NO_x, som visas i Figur 6 är ännu mer uttalade vid prov enligt busscykeln, Figur 7. Problem med försämrad prestanda hos katalysatorer eller helt förstörd katalysator är inget ovanligt fenomen. Vid en "International Workshop" hos Istituto Motori i Neapel i maj 1997 rapporterades från Belgien (Renilde Craps; VITO) om ett projekt med naturgasdrivna bussar där man p g a starkt försämrad katalysator hos bussarna till följd av

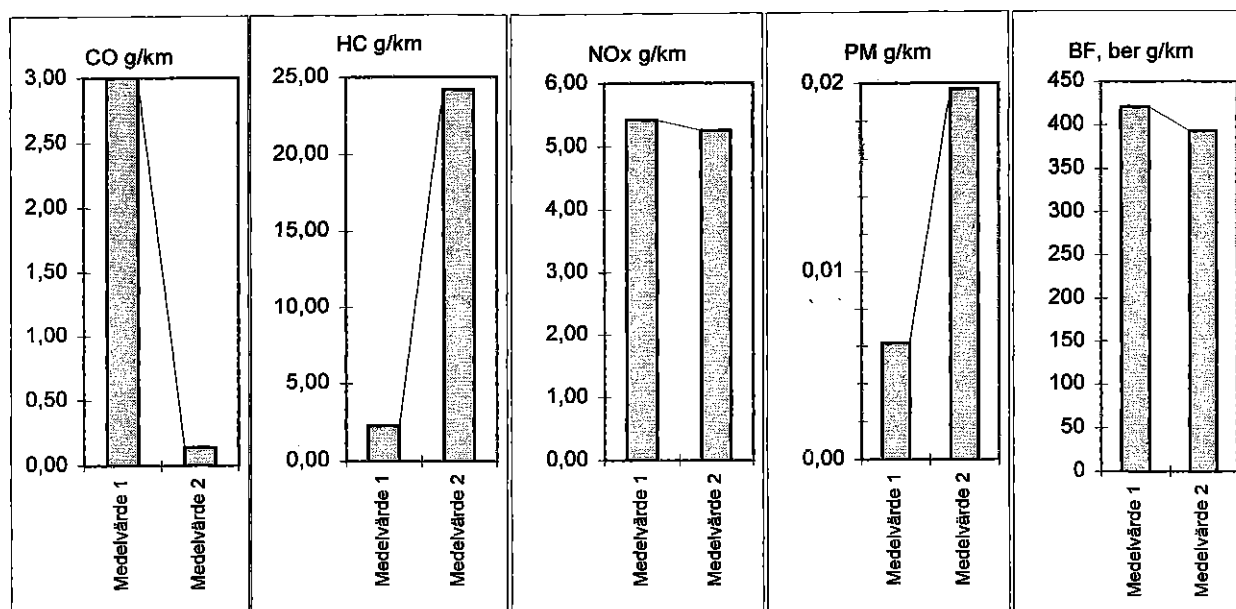
temperaturstress tvingats gå över till att använda katalysatorer med metallbärare. Så långt man nu (maj 1997) kunde se hade situationen förbättrats väsentligt genom bytet av katalysator.

Som framgår av Figur 8 är bilden av emissionsnivåerna hos bilen ABW 850 helt annorlunda jämfört med bilen ABW 660. Här har emissionsnivåerna för kolmonoxid och kväveoxider sjunkit (kraftigt för CO och något för NO_x) medan nivån för totalkolväten ökat kraftigt. Partikelemissionen kan betraktas som nära nog oförändrad p g a att värdena ligger på så låg nivå att mätnoggrannheten troligen inte är särskilt hög.

Bedömningen för bil ABW 850 vad gäller de förändrade emissionsnivåerna är att de troligen berodde på en kombination mellan för mager bränsle-luftblandning (ev misständningar?) och att katalysatorn inte förmått att oxidera all metan i avgaserna. Den slutsatsen ligger nära till att dra med beaktande av förändringarna hos mätvärdena för CO, HC och NO_x. Det bör finnas större risk för misständningar, när bränslet utgörs av metan, än om det utgörs av andra kolväten. En mager bränsle-luftblandning ger givetvis upphov till minskade utsläpp av CO och NO_x men kan samtidigt leda till ökade utsläpp av metan p g a misständningar hos motorn särskilt vid låga motorbelastningar. Vid det första provet var inställningen av bränsle-luftblandningen något för "fet", vilket framgår av Figur 8 och Figur 9 (CO-utsläppet).

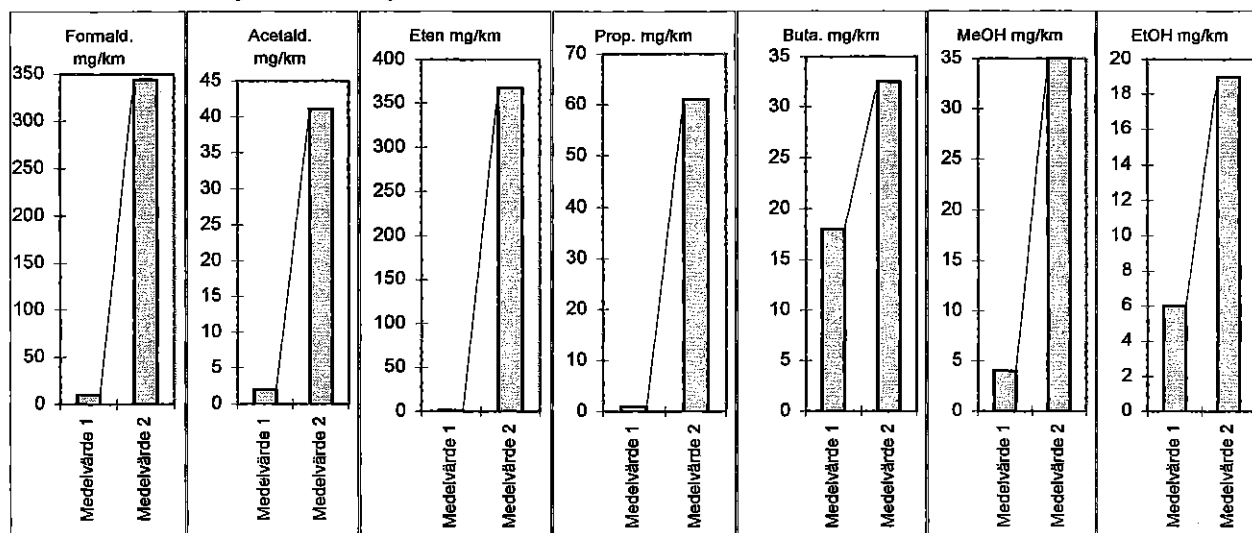


Figur 8. Skillnader mellan första ("Medelvärde 1") och andra ("Medelvärde 2") omgångens emissionsmätningar enligt 13 mode cykeln på bilen ABW 850.



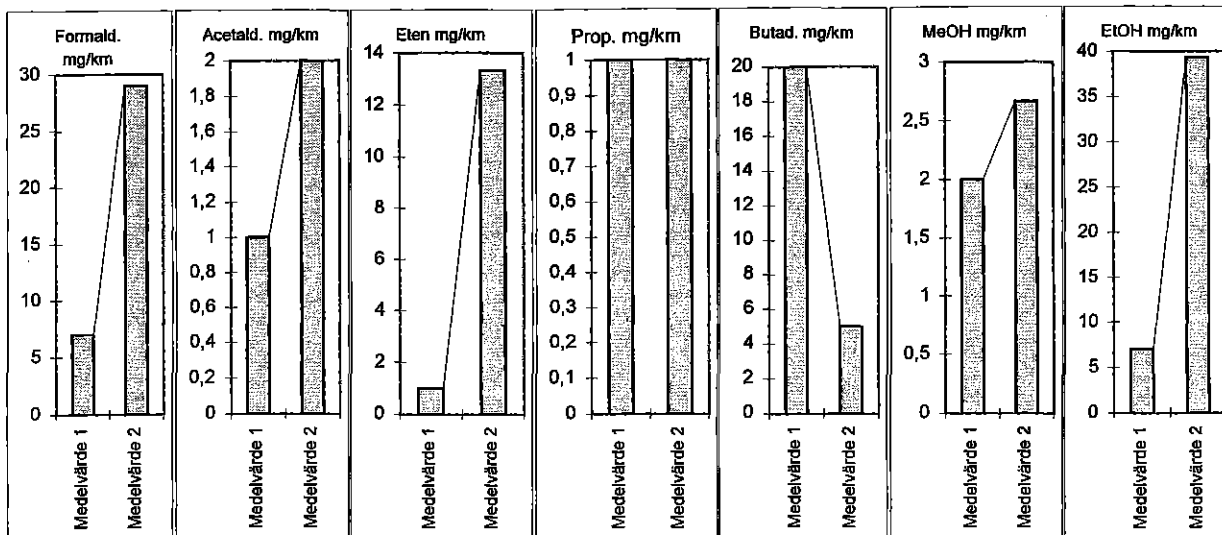
Figur 9. Skillnader mellan första ("Medelvärde 1") och andra ("Medelvärde 2") omgångens emissionsmätningar enligt busscykeln på bilen ABW 850.

För bilen ABW 660 är mönstret entydigt, vilket innebär att emissionerna av formaldehyd, acetaldehyd, eten, propen, butadien, metanol och etanol har ökat kraftigt från mätomgång 1 till mätomgång 2. Om bedömningen är riktig, att katalysatorn inte fungerar som avsett och därför inte har någon verkan på emissionerna, kan konstateras att nivån på angivna icke reglerade emissioner är förhållandevis hög redan i avgaserna ut från motorn.



Figur 10. Skillnader mellan första ("Medelvärde 1") och andra ("Medelvärde 2") omgångens emissionsmätningar enligt busscykeln på bilen ABW 660.

För bilen ABW 850 är emissionsmönstret något annorlunda jämfört med bilen ABW 660 och framförallt är nivåerna betydligt lägre. Sambandet mellan det stora utsläppet av metan och utsläppen av aktuella icke reglerade emissioner framstår som svagt.



Figur 11. Skillnader mellan första ("Medelvärde 1") och andra ("Medelvärde 2") omgångens emissionsmätningar enligt busscykeln på bilen ABW 850.

Emissionen av metan vid prov enligt 13 mode cykeln mättes med följande resultat:

Bil ABW 850					
HC:	4,34	g CH/kWh	CH ₄ :	4,01	g CH ₄ /kWh
HC:	4,64	g CH/kWh	CH ₄ :	4,53	g CH ₄ /kWh

Mätvärden för enskilda moder redovisas i BILAGA. Skillnaden mellan totalkolväten och metan är liten vilket visar att övervägande delen av kolvätena i avgaserna utgörs som förväntat av metan.

4. SLUTSATSER

I föregående avsnitt har resultaten från bl a avgasmätningarna kommenterats. Slutsatserna från emissionskaraktiseringen sammanfattas i följande punkter.

1. Helhetsintrycket från andra omgångens emissionsmätningar är att en kraftig förändring skett av de positiva resultaten från första omgångens mätningar och därvid särskilt hos bilen ABW 660. Utsläppen av alla reglerade föroreningskomponenter visar en ökning. Bilden är något bättre för bilen ABW 850 men även denna uppvisar en kraftig ökning av utsläppen av metan. Däremot har utsläppen av kolmonoxid minskat jämfört med utsläppsnivåerna vid första omgångens prov. Den kraftiga sänkningen av CO-nivån kan ha lett till misständningar hos motorn och därmed ökat utsläpp av metan.
2. Resultaten från mätning av de icke reglerade emissionerna visar samma tendens som de reglerade emissionerna. Skillnaden i emissionsnivåer mellan de båda fordonen är betydande. Så är t ex utsläppet av eten 367 mg/km hos bilen ABW 660 och 13 mg/km hos bilen ABW 850. Ett ungefär motsvarande förhållande gäller för andra icke reglerade emissioner.
3. Vid prov enligt busscykeln har bränsleförbrukningen minskat hos båda bilarna. Räknat i dieselevivalenter är bränsleförbrukningen vid prov enligt 13 mode cykeln 261 resp. 260 g/kWh hos bilen ABW 660 och 257 resp 256 g/kWh hos bilen ABW 850.
4. Katalysatorn framstår som en akilleshäls hos de provade fordonen. Att döma av resultaten från proven på särskilt bilen ABW 660 har katalysatorn knappast någon verkan på emissionerna. Den bilen har körts 14 145 km från första till andra provomgången. Den andra bilen, ABW 850, har körts endast 5 849 km. Första omgångens prov utfördes i januari 1996 och andra omgångens prov i januari 1997.



EMISSER

K-E. (1996). Karakterisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB-50
Rapport SGC 077.

K-E. och Westerholm R. (1996). Provmeter och emissioner vid användning av alternativa
bränslen. Rapport för Alternativbränsleutredningen.

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

A

från prov hos AB Svensk Bilprovvnings Motortestcenter (MTC).

av figurer.

gens emis-

h metan är
metan.

atserna från

ing skett av
i ABW 660.

ökning av
mfört med
i kan ha lett

ens som de
etydande. Så
i ABW 850.

a. Räknat i
i resp. 260

sultaten från
missionerna.
bilen, ABW
6 och andra

RESULTS ACCORDING TO A30 - TEST SIMULATED ON CHASSIS DYNAMOMETER

Test no: 927

Project: LB50
Cell no: 6
Date: 970121
Driver: Lennart Lundström
Technician: Bengt Johansson

Reg. no: ABW 660
Vehicle type: Volvo FL10
Engine type: TG 103
Engine no: S-68820*277711
Gear box type:
Odometer: 14248 km

Fuel: CNG
 $\text{CH}_4\text{O}_2\text{N}_2$
 α : 3,753
 β : 0,01
 γ : 0,006

Comment: Elbroms, speed mode
 Potentiometer i st f gaspedal.
 Lastinställning efter luftflöde.
 Korrigerade bränsleflöden
 Ingen förbränning steg 12??
 Låg belastning trolig orsak

mode	Engine Power Load			λ				CO emissions			HC emissions			NO _x emissions					CO ₂ emissions			Fuel consumption		O ₂ λ		valid
	speed rpm	calc kW	estim %	Air kg/h	Fuel kg/h	calc fr A/F	Kh_diesel Kh	wet ppm	mass g/h	spec.mass g/kWh	C1 wet ppm	HC_diesel mass g/h	spec.mass g/kWh	NO _x wet ppm	Kh_diesel mass g/h	NO spec.mass g/kWh	NO ₂ /NO _x wet ppm	%	wet %	mass kg/h	spec.mass kg/kWh	ethanol spec.mass g/kWh	diesel ekv spec.mass g/kWh	wet %	calc fr O2	F/A meas- cal, %
1	658	0	0	68	4,0	1,01	0,991	4137	300		6811	245		64	8	58	8,2		8,38	9,6				1,4	1,08	
2	1198	10	7	111	5,1	1,30	1,001	1163	135	14,17	3399	196	20,51	15	3	0,29	5	64,4	7,15	13,1	1,37	532	600	4,8	1,34	
3	1202	34	25	197	9,3	1,26	0,998	372	77	2,26	1485	152	4,47	453	154	4,51	423	6,7	7,62	24,8	0,73	272	307	4,0	1,26	0
4	1202	72	52	370	15,6	1,41	1,005	298	115	1,61	1393	266	3,72	480	305	4,26	444	7,4	6,87	41,7	0,58	217	245	5,6	1,41	0
5	1200	105	76	550	21,5	1,52	1,008	271	155	1,47	1384	391	3,73	366	346	3,30	333	9,2	6,40	57,4	0,55	205	231	6,6	1,52	0
6	1202	137	100	726	27,7	1,56	1,005	278	209	1,52	1421	530	3,85	391	486	3,54	353	9,8	6,24	73,8	0,54	201	227	7,0	1,56	0
7	633	0	0	66	3,8	1,03	0,992	2782	195		8090	281		68	8	62	8,4		8,27	9,1				1,8	1,11	
8	2002	184	100	1071	40,5	1,57	1,011	351	389	2,11	1158	636	3,45	379	698	3,76	334	12,0	6,21	108,3	0,59	219	247	7,0	1,57	0
9	2001	134	73	773	30,4	1,51	1,010	339	272	2,02	1507	599	4,46	359	478	3,55	310	13,4	6,41	80,9	0,60	226	255	6,6	1,52	0
10	2000	89	48	541	22,6	1,42	1,008	344	194	2,17	1628	455	5,09	531	496	5,55	485	8,8	6,79	60,2	0,67	253	285	5,7	1,43	0
11	1999	45	25	327	14,7	1,32	1,006	400	137	3,03	1797	305	6,75	409	232	5,12	374	8,6	7,26	39,1	0,86	325	367	4,7	1,33	0
12	2002	3	1	205	8,2	1,49	1,012	343	73	29,02	15000	1586	627,78	1	0	0,17	1	57,1	0,87	2,9	1,15	3240	3654	15,7	7,10	
13	669	0	0	68	3,9	1,05	0,996	1760	128		5692	206		74	9	65	12,3		8,48	9,7				1,7	1,10	

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 2,57 g/kWh
HC: 5,22 g CH_{1,85} /kWh
NO_x: 3,72 g/kWh (as NO₂)
NO₂: 0,37 g/kWh (as NO₂)
PM: ~ 0,008 g/kWh
CO₂: 0,61 kg/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC

FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_{CNG}: 232 g/kWh
FC_{diesel ekv}: 261 g/kWh

Power: 75,9 kW

RESULTS ACCORDING TO A30 - TEST SIMULATED ON CHASSIS DYNAMOMETER

Test no: 924

Project: LB50
Cell no: 6
Date: 970116
Driver: Lennart Lundström
Technician: Bengt Johansson

Reg. no: ABW 850
Vehicle type: Volvo FL10
Engine type: TG 103
Engine no: S-68820*277714
Gear box type:
Odometer: 5869 km

Fuel: CNG
 $\text{CH}_4\text{O}_2\text{N}_2$
 α : 3,753
 β : 0,01
 γ : 0,006

Comment: Elbroms, speed mode
Potentiometer i st f gaspedal.
Lastinställning efter luftflöde.
Korrigerade bränsleflöden

mode	Engine Power Load							CO emissions			HC emissions			NO _x emissions					CO ₂ emissions			Fuel consumption		O ₂	λ	valid	
	speed	calc	estim	Air	Fuel	calc	Kh_diesel	wet	mass	spec.mass	C1	HC_diesel	NO _x	Kh_diesel	NO	NO ₂ /NO _x	wet	mass	spec.mass	ethanol	diesel ekv	spec.mass	spec.mass				wet
	rpm	kW	%	kg/h	kg/h	fr A/F	Kh	ppm	g/h	g/kWh	ppm	g/h	g/kWh	ppm	g/h	g/kWh	ppm	%	%	kg/h	kg/kWh	g/kWh	g/kWh	%	fr O ₂	meas-cal, %	
1	594	0	0	60	3,0	1,19	1,002	8	1		1093	35		73	8	65	11,1		8,16	8,2					2,9	1,18	
2	1199	15	11	136	6,1	1,32	1,007	1	0	0,01	1247	88	5,74	41	10	0,64	41	0,2	7,34	16,4	1,07	398	449	4,7	1,32		
3	1202	39	28	233	10,1	1,37	1,008	1	0	0,01	1251	151	3,89	257	104	2,67	257	0,1	7,10	27,2	0,70	260	293	5,2	1,37	0	
4	1201	74	54	410	16,1	1,51	1,012	1	1	0,01	1202	253	3,41	155	109	1,47	154	0,4	6,47	43,3	0,58	216	244	6,5	1,51	0	
5	1201	105	76	576	21,6	1,58	1,014	2	1	0,01	1129	334	3,16	139	138	1,31	139	0,3	6,22	58,3	0,55	205	231	7,1	1,58	0	
6	1201	139	100	762	27,9	1,62	1,014	3	3	0,02	1198	468	3,37	146	191	1,38	145	0,4	6,06	75,1	0,54	201	227	7,4	1,62	0	
7	599	0	0	61	3,0	1,18	1,002	5	0		2041	65		78	8	71	8,5		8,08	8,1					3,1	1,19	
8	2000	182	100	1121	39,9	1,67	1,017	10	12	0,07	1555	892	4,90	89	173	0,95	86	4,3	5,85	106,5	0,59	219	247	7,9	1,68	0	
9	2000	139	77	847	31,2	1,61	1,016	4	4	0,03	994	432	3,10	92	135	0,97	90	2,3	6,12	84,3	0,60	224	253	7,3	1,61	0	
10	2004	93	51	600	23,2	1,53	1,014	2	1	0,01	945	291	3,12	155	161	1,72	154	0,8	6,42	62,8	0,67	249	280	6,7	1,53	0	
11	2003	53	29	390	16,0	1,44	1,012	2	1	0,01	974	196	3,68	170	115	2,16	169	0,4	6,79	43,3	0,82	301	340	5,9	1,44	0	
12	2001	28	15	266	11,9	1,32	1,009	1	0	0,01	833	115	4,17	247	114	4,15	246	0,7	7,38	32,3	1,17	432	487	4,8	1,32		
13	628	0	0	63	3,2	1,19	1,004	3	0		4031	134		57	6		54	4,5	7,83	8,2					3,5	1,23	

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 0,03 g/kWh
HC: 4,01 g CH_{1,85} /kWh
NO_x: 1,37 g/kWh (as NO₂)
NO₂: 0,02 g/kWh (as NO₂)
PM: ~ 0,010 g/kWh
CO₂: 0,61 kg/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_{CNG}: 227 g/kWh
FC_{diesel ekv}: 256 g/kWh

Power: 77,9 kW

RESULTS ACCORDING TO A30 - TEST SIMULATED ON CHASSIS DYNAMOMETER

Test no: 923

Project: LB50
Cell no: 6
Date: 970116
Driver: Lennart Lundström
Technician: Bengt Johansson

Reg. no: ABW 850
Vehicle type: Volvo FL10
Engine type: TG 103
Engine no: S-68820*277714
Gear box type:
Odometer: 5869 km

Fuel: CNG
 $\text{CH}_4\text{O}_2\text{N}_2$
 α : 3,753
 β : 0,01
 γ : 0,006

Comment: Elbroms, speed mode
 Potentiometer i st f gaspedal.
 Lastinställning efter luftflöde.
 Korrigerade bränsleflöden
 PM-värde för högt. Orimligt stor
 mängd på sekundärfilter.

mode	Engine Power Load							CO emissions			HC emissions			NO _x emissions					CO ₂ emissions			Fuel consumption		O ₂	λ	valid			
	speed	calc	estim	Air	Fuel	calc	Kh_diesel	wet	mass	spec.mass	C1	HC_diesel	NO _x	Kh_diesel	NO	NO ₂ /NO _x	wet	mass	spec.mass	ethanol	diesel ekv	spec.mass	spec.mass				wet	calc	F/A
	rpm	kW	%	kg/h	kg/h	fr A/F	Kh	ppm	g/h	g/kWh	ppm	g/h	g/kWh	ppm	g/h	g/kWh	ppm	%	%	kg/h	kg/kWh	g/kWh	g/kWh				%	fr O2	meas-cal, %
1	614	0	0	62	3,2	1,17	0,999	5	0		1122	37		77	8	71	7,2	8,24	8,5					2,7	1,17				
2	1201	15	11	135	6,1	1,32	0,996	1	0	0,01	1268	89	5,79	42	10	0,64	42	-0,2	7,39	16,5	1,07	396	447	4,6	1,32				
3	1203	40	29	236	10,2	1,37	1,006	1	0	0,01	1239	151	3,82	290	118	2,98	290	0,0	7,12	27,6	0,70	258	291	5,1	1,37	0			
4	1201	74	54	405	16,0	1,50	1,008	1	1	0,01	1237	258	3,47	187	130	1,76	186	0,4	6,53	43,2	0,58	216	244	6,4	1,50	0			
5	1201	106	76	573	21,7	1,57	1,011	2	1	0,01	1180	347	3,28	171	169	1,60	172	-0,1	6,26	58,4	0,55	205	231	7,0	1,57	0			
6	1200	139	100	759	27,9	1,61	1,012	3	3	0,02	1220	474	3,42	178	232	1,67	178	0,2	6,08	75,0	0,54	201	227	7,4	1,62	0			
7	620	0	0	65	3,3	1,18	1,000	7	0		578	20		72	8	66	7,5	8,26	8,9					2,7	1,17				
8	1999	182	100	1119	40,0	1,66	1,012	10	11	0,06	1279	732	4,01	110	211	1,16	108	2,2	5,91	107,3	0,59	219	247	7,8	1,67	0			
9	2002	140	77	849	31,4	1,60	1,011	5	4	0,03	978	425	3,03	106	154	1,10	104	1,6	6,15	84,8	0,60	224	253	7,3	1,60	0			
10	2000	96	53	609	23,7	1,53	1,010	2	1	0,01	950	297	3,10	185	194	2,03	185	0,2	6,44	64,0	0,67	247	278	6,6	1,52	0			
11	2000	52	29	383	15,9	1,43	1,008	1	1	0,01	997	197	3,76	210	139	2,64	209	0,5	6,85	43,0	0,82	303	342	5,8	1,43	0			
12	2000	28	15	267	12,0	1,32	0,998	1	0	0,01	842	116	4,16	280	128	4,58	279	0,3	7,41	32,5	1,16	429	483	4,6	1,31				
13	629	0	0	63	3,2	1,18	0,999	4	0		2902	96		69	8	63	8,9	8,04	8,5					3,1	1,20				

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 0,03 g/kWh
HC: 3,75 g CH_{1,85} /kWh
NO_x: 1,64 g/kWh (as NO₂)
NO₂: 0,01 g/kWh (as NO₂)
PM: ~ 0,019 g/kWh
CO₂: 0,61 kg/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC

FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_{CNG}: 228 g/kWh
FC_{diesel ekv}: 257 g/kWh

Power: 78,0 kW

PROV 923

HC emissions (FID)		
C1	HC_diesel	
wet	mass	spec.mass
ppm	g/h	g/kWh
1122	37	
1268	89	5,79
1239	151	3,82
1237	258	3,47
1180	347	3,28
1220	474	3,42
578	20	
1279	732	4,01
978	425	3,03
950	297	3,10
997	197	3,76
842	116	4,16
2902	96	

HC: 3,75 g CH_{1,85}/kWh

CH ₄ emissions (FTIR)		
CH ₄	CH ₄	
wet	mass	spec.mass
ppm	g/h	g/kWh
1154	44	
1082	88	5,71
1199	169	4,27
1199	289	3,89
1147	390	3,69
1167	524	3,78
269	11	
1140	754	4,14
962	484	3,45
958	347	3,62
1011	231	4,41
856	137	4,89
870	33	

CH₄: 4,01 g CH₄/kWh

PROV 924

HC emissions (FID)		
C1	HC_diesel	
wet	mass	spec.mass
ppm	g/h	g/kWh
1093	35	
1247	88	5,74
1251	151	3,89
1202	253	3,41
1129	334	3,16
1198	468	3,37
2041	65	
1555	892	4,90
994	432	3,10
945	291	3,12
974	196	3,68
833	115	4,17
4031	134	

HC: 4,01 g CH_{1,85}/kWh

CH ₄ emissions (FTIR)		
CH ₄	CH ₄	
wet	mass	spec.mass
ppm	g/h	g/kWh
1547	57	
1136	93	6,05
1205	168	4,33
1184	289	3,88
1112	380	3,60
1151	520	3,75
1908	70	
1554	1030	5,66
996	500	3,59
962	343	3,67
1002	233	4,38
861	137	4,98
3205	123	

CH₄: 4,53 g CH₄/kWh

RESULTAT, BUSSCYKLER, LB 50, vecka 3 och vecka 4:

CNG-lastbil, ABW 660:

Provad vecka 4, 1997.

Pnr	CO	HC	HC, ber. som metan	Mätt metan	NOx	PM	BF, ber	BF, mätt	CO2
	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
929	11,82	22,07	24,01	-	5,87	0,03	392	381	996
930	10,09	20,28	22,07	19,45	6,13	0,03	380	383	972
931	9,93	20,22	22,00	18,92	6,18	0,03	380	374	971
Medelvärde:	10,61	20,86	22,69	19,18	6,06	0,03	384	379	979
Stdev:	1,05	1,05	1,14	0,37	0,16	0,00	7	5	14

CNG-lastbil, ABW 850:

Provad vecka 3, 1997.

Pnr	CO	HC	HC, ber. som metan	Mätt metan	NOx	PM	BF, ber	BF, mätt	CO2
	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
922	0,13	28,47	30,97	28,19	5,36	0,02	396	363	1008
925	0,15	22,06	24,01	23,81	4,76	0,02	399	374	1033
926	0,13	22,02	23,95	23,18	5,63	0,01	385	368	996
Medelvärde:	0,14	24,18	26,31	25,06	5,25	0,02	393	368	1012
Stdev:	0,01	3,71	4,04	2,73	0,45	0,01	7	6	19

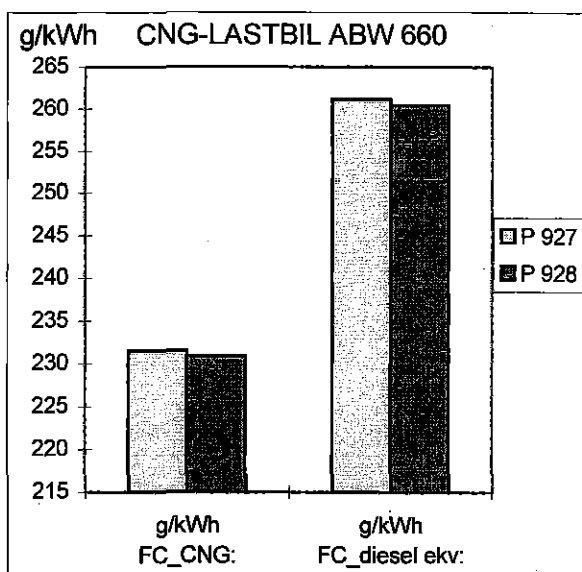
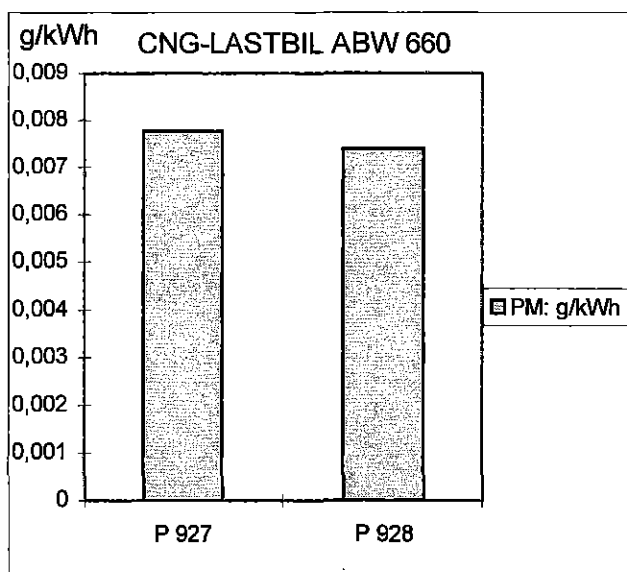
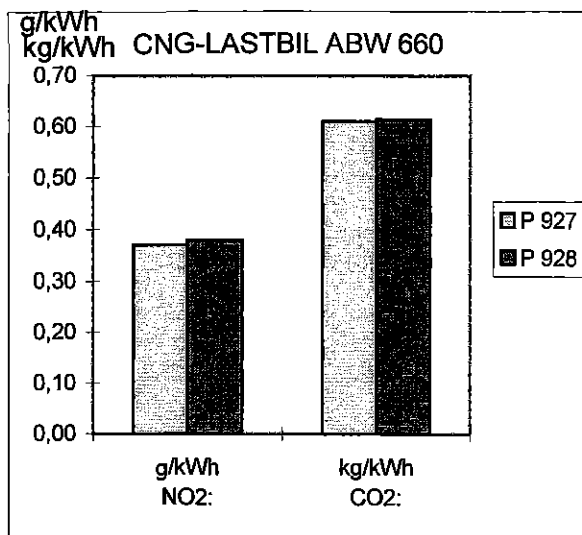
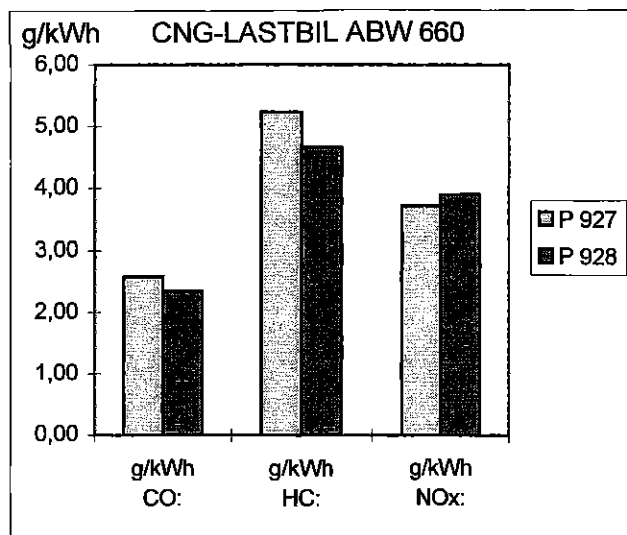
Prov nr	Formald. mg/km	Acetald. mg/km
P.929	382	35
P.930	274	44
P.931	375	43
	344	41

Prov nr	Eten mg/km	Propen mg/km	Butadie mg/km	MeOH mg/km	EtOH mg/km
P.929	386	64	26	39	16
P.930	348	58	39	31	22
P.931	353	63	43	32	34
	367	61	32,5	35	19

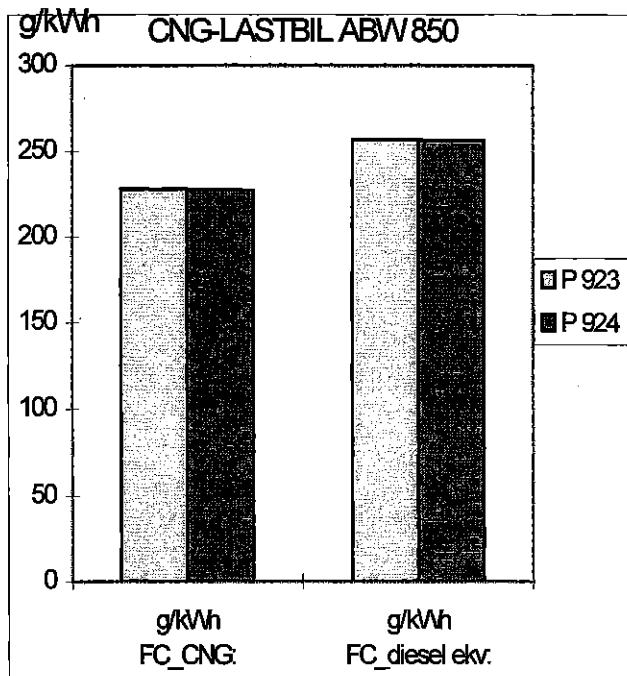
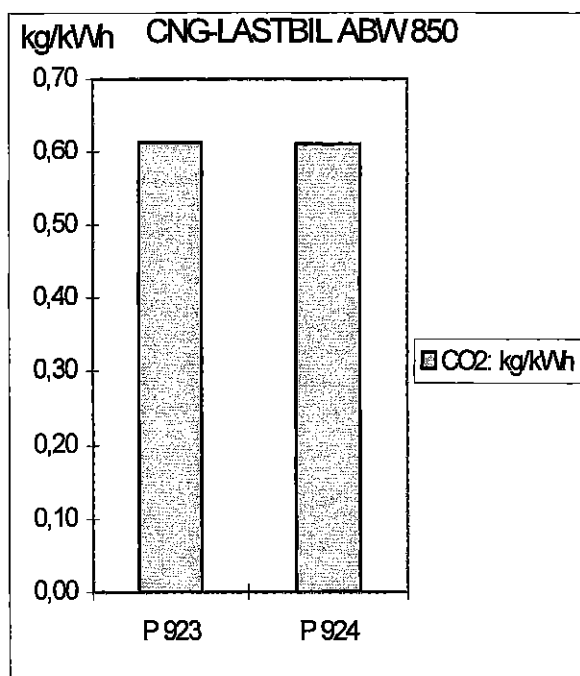
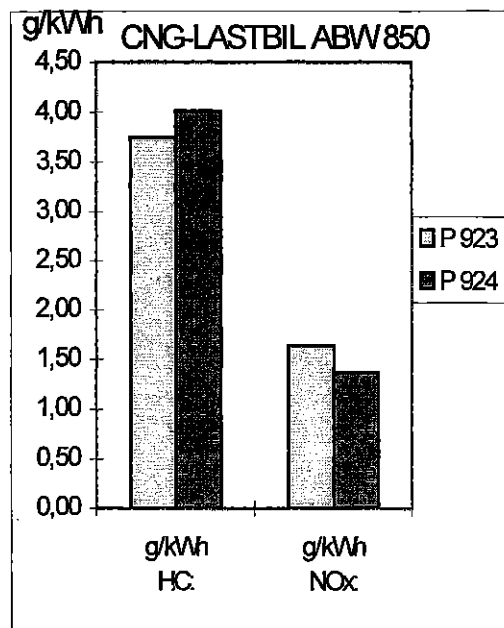
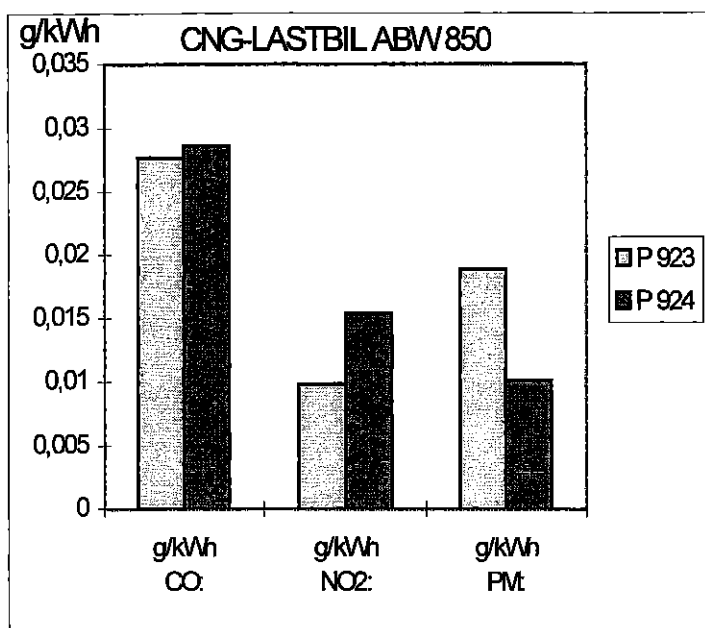
Prov nr	Formald. mg/km	Acetald. mg/km
P.922	15	2
P.925	38	1
P.926	33	2
	29	2

Prov nr	Eten mg/km	Propen mg/km	Butadien mg/km	MeOH mg/km	EtOH mg/km
P.922	19	1	5	3	34
P.925	11	1	5	2	39
P.926	10	1	5	3	45
	13,3	1,0	5,0	2,7	39,3

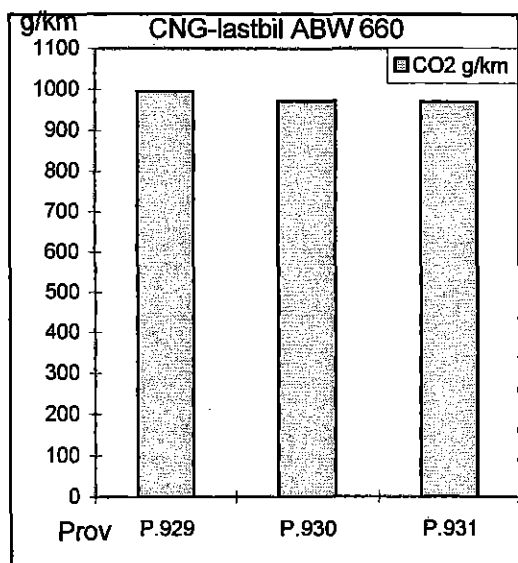
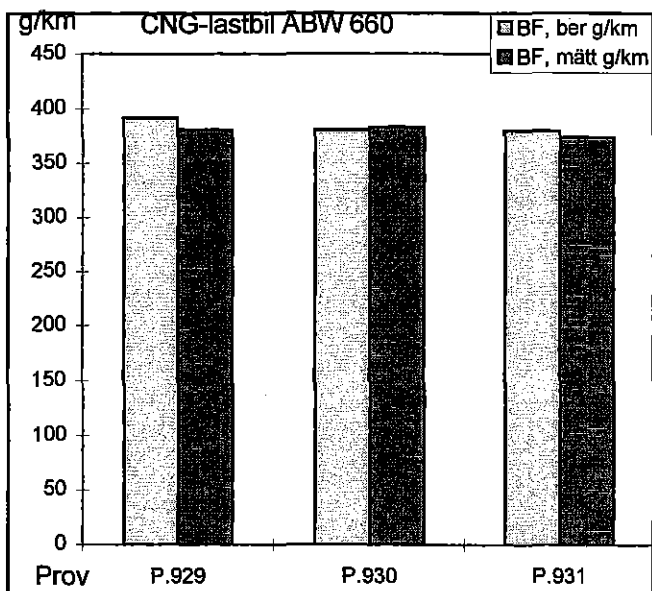
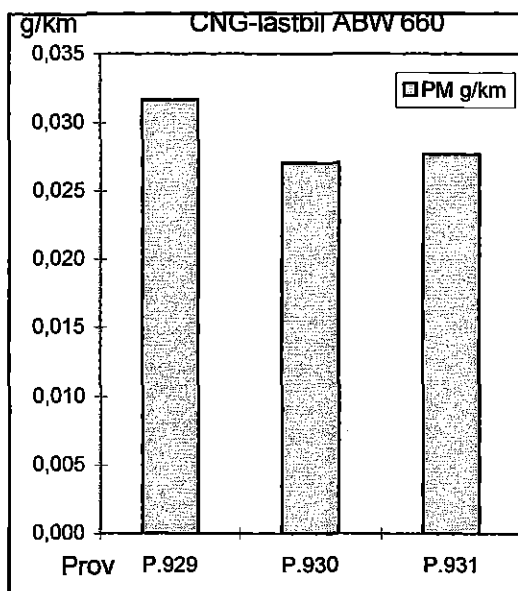
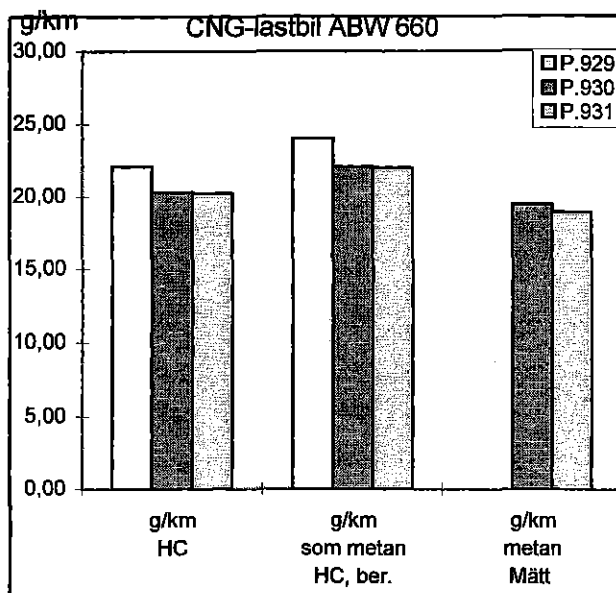
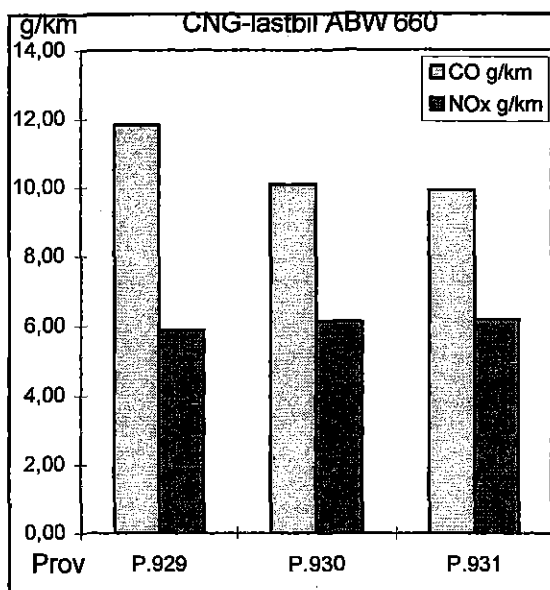
EMISSIONER FRÅN GASDRIVEN LASTBIL VID PROV ENLIGT 13 MODE CYKEL



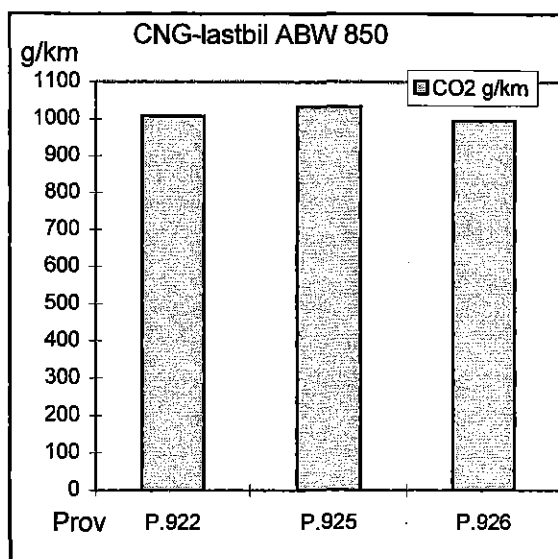
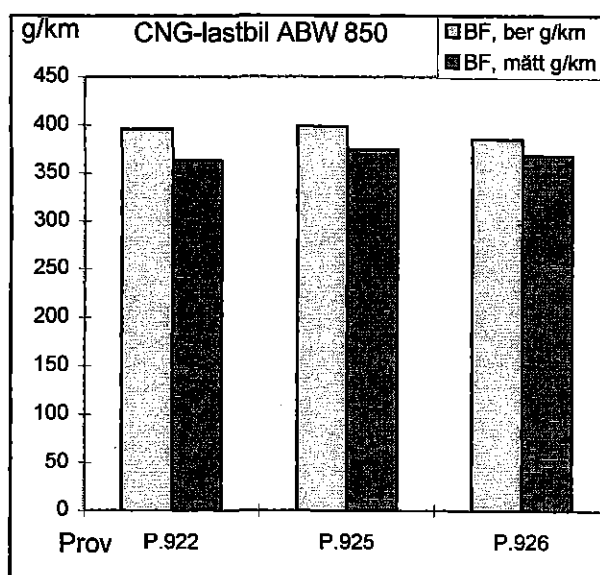
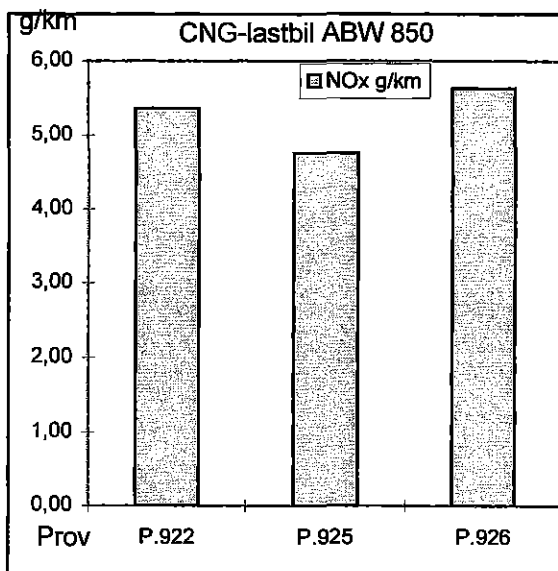
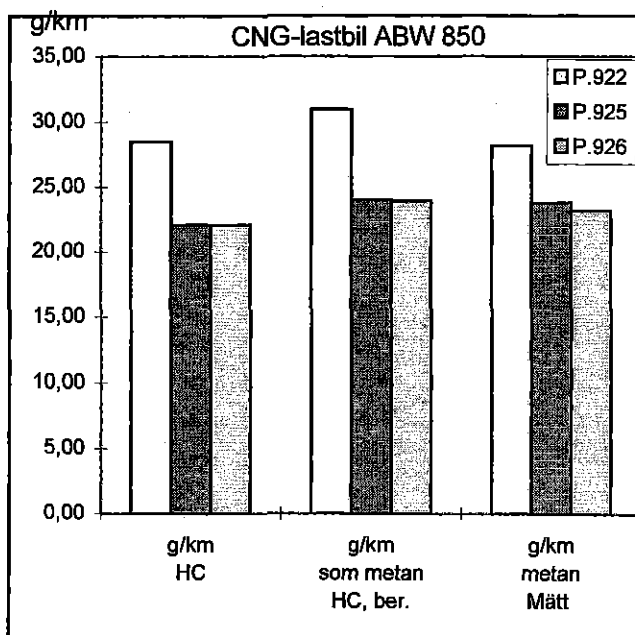
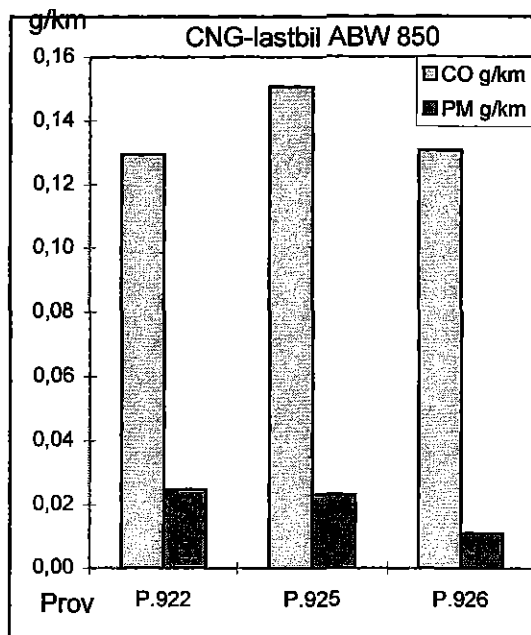
EMISSIONER FRÅN GASDRIVEN LASTBIL VID PROV ENLIGT 13 MODE CYKEL



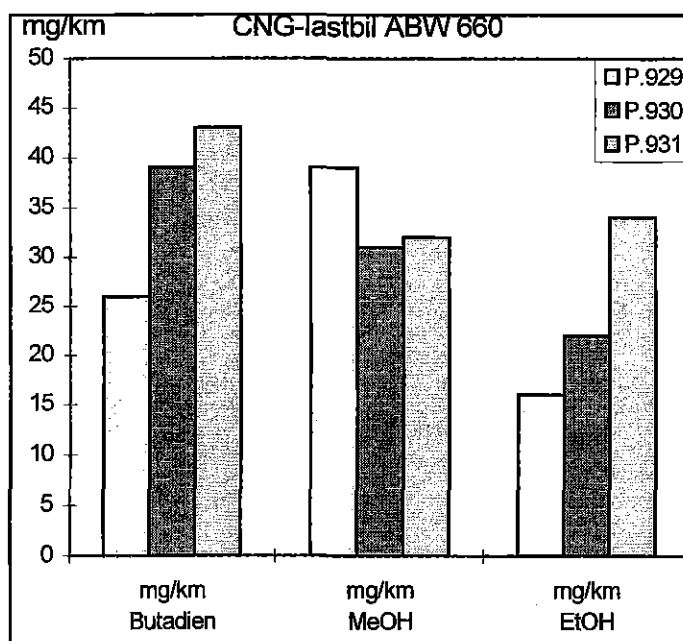
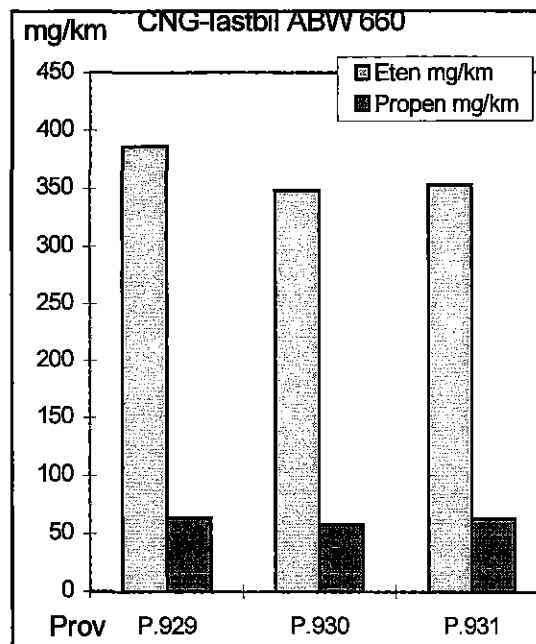
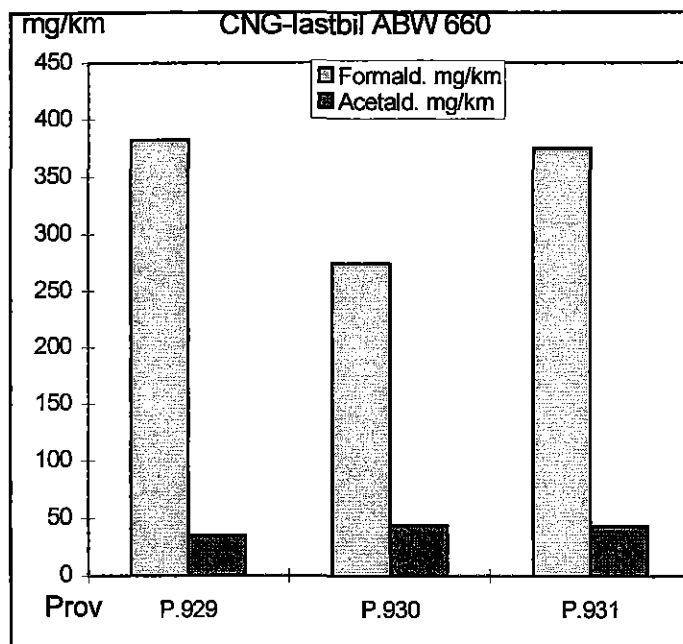
EMISSIONER FRÅN GASDRIVEN LASTBIL VID PROV ENLIGT BUSSCYKEL



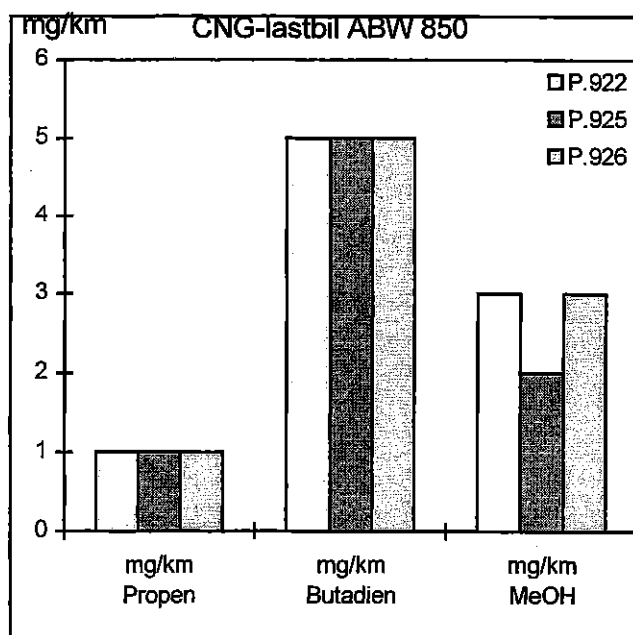
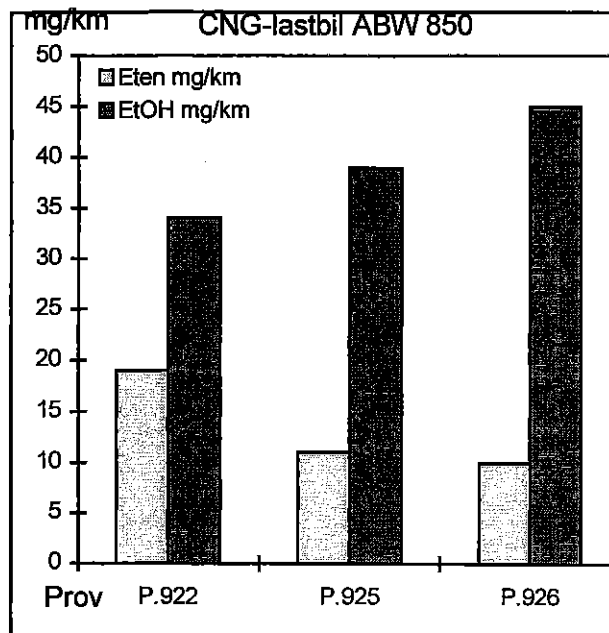
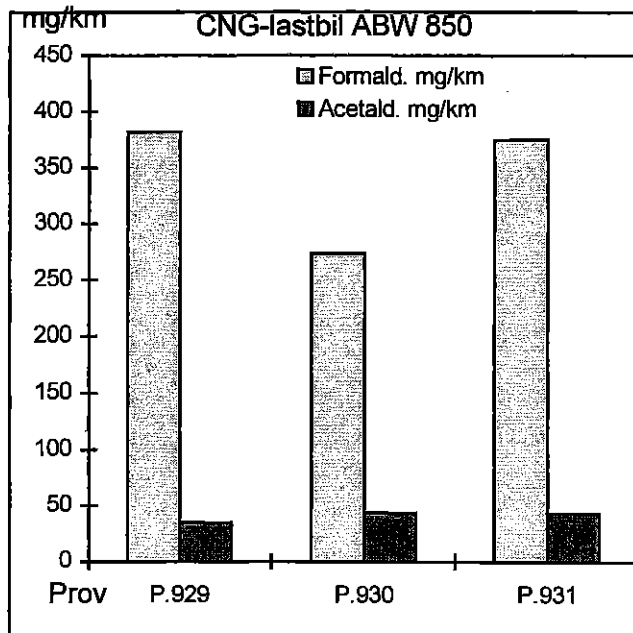
EMISSIONER FRÅN GASDRIVEN LASTBIL VID PROV ENLIGT BUSSCYKEL



EMISSIONER FRÅN GASDRIVEN LASTBIL VID PROV ENLIGT BUSSCYKEL



EMISSIONER FRÅN GASDRIVEN LASTBIL VID PROV ENLIGT BUSSCYKEL



98 10 09

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE -gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Jan 93	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörsystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Drifttekniska Inst. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÄF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100

98 10 09

RAPPORTFÖRTECKNING

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

98 10 09

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
035	Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt	Jun 93	Tove Ekeborg Vattenfall Energisystem	150
036	Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie	Jun 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem	150
037	Verifiering av dimensioneringsmetoder för distributionsledningar. Litt studie.	Jun 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
038	NOx-reduktion genom reburning med naturgas. Fullskaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonsulterna	150
039	Pulserande förbränning för torkändamål	Sep 93	Sten Hermodsson Lunds Tekniska Högskola	150
040	Organisationer med koppling till gasteknisk utvecklingsverksamhet	Feb 94	Jörgen Thunell SGC	150
041	Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med lägningsbox.	Nov 93	Göran Lustig Elektro Sandberg Kraft AB	150
042	Deponigasens påverkan på polyetenrör.	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
043	Gasanvändning inom plastindustrin, handlingsplan	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
044	PA 11 som material ledningar för gasdistribution.	Dec 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
045	Metoder att höja verkningsgraden vid avgaskondensering	Dec 93	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	150
046	Gasanvändning i målerier	Dec 93	Charlotte Rehn et al Sydkraft Konsult AB	150
047	Rekuperativ aluminiumsmältugn. Utvärdering av degelugn på Värnamo Pressgjuteri.	Okt 93	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
048	Konvertering av dieseldrivna reservkraftverk till gasdrift och kraftvärmeprod	Jan 94	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult AB	150
049	Utvecklad teknik för gasinstallationer i småhus	Feb 94	P Kastensson, S Ivarsson Sydgas AB	150
050	Korrosion i flexibla rostfria insatsrör (Finns även i engelsk upplaga)	Dec 93	Ulf Nilsson m fl LTH	150

98 10 09

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
051	Nordiska Degelugnsprojektet. Pilot- och fältförsök med gasanvändning.	Nov 93	Eva-Maria Svensson Glafo	150
052	Nordic Gas Technology R&D Workshop. April 20, 1994. Proceedings. (På engelska)	Jun 94	Jörgen Thunell, Editor Swedish Gas Center	150
053	Tryckhöjande utrustning för gas vid metallbearbetning -- En förstudie av GT-PAK	Apr 94	Mårten Wärnö MGT Teknik AB	150
054	NOx-reduktion genom injicering av naturgas i kombination med ureainsprutning	Sep 94	Bent Karll, DGC P Å Gustafsson, Miljökons.	100
055	Trevägs-katalysatorer för stationära gasmotorer.	Okt 94	Torbjörn Karlelid m fl Sydkraft Konsult AB	150
056	Utvärdering av en industriell gaseldad IR-strålare	Nov 94	Johansson, M m fl Lunds Tekniska Högskola	150
057	Läckagedetekteringssystem i storskaliga gasinstallationer	Dec 94	Fredrik A Silversand Katator AB	150
058	Demonstration av låg-NOx-brännare i växthus	Feb 95	B Karll, B T Nielsen Dansk Gasteknisk Center	150
059	Marknadspotential naturgaseldade industriella IR-strålare	Apr 95	Rolf Christensen Enerkon RC	150
060	Rekommendationer vid val av flexibla insatsrör av rostfritt i villaskorstenar	Maj 95	L Hedeén, G Björklund Sydgas AB	50
061	Polyamidrör för distribution av gasol i gasfas. Kunskapssammanställning	Jul 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
062	PE-rörs tålighet mot yttre påverkan. Sammanställning av utförda praktiska försök	Aug 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
063	Naturgas på hjul. Förutsättningar för en storskalig satsning på NGV i Sverige	Aug 95	Naturgasbolagens NGV- grupp	150
064	Energieffektivisering av större gaseldade pannanläggningar. Handbok	Aug 95	Lars Frederiksen Dansk Gasteknisk Center	200
065	Förbättra miljön med gasdrivna fordon	Aug 95	Göteborgs Energi AB	150
066	Konvertering av oljeeldade panncentraler till naturgas. Handbok.	Nov 95	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	150

98 10 09

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
067	Naturgasmodellen. Manual för SMHI:s program för beräkn av skorstenshöjder	Dec 95	Tingnert B, SKKB Thunell J, SGC	150
068	Energigas och oxyfuelteknik	Dec 95	Ingemar Gunnarsson Energi-Analys AB	150
069	CO ₂ -gödsling med avgaser från gasmotor med katalysator	Dec 95	Bent Karll Dansk Gasteknisk Center	150
070	Utvärdering av naturgasförbränning i porösa bäddar	Mar 96	Henric Larsson Lunds Tekniska Högskola	150
071	Utvärdering av naturgasdrivna IR-boostar i ugn för pulverlackering	Nov 95	Ole H Madsen Asger N Myken	150
072	Sammanställning av emissionsdata från naturgas-, biogas- o motorgasdrivna fordon	Jun 96	Hans-Åke Maltesson Svenskt Gastekniskt Center AB	150
073	Livslängdsbestämning för PE-rör för gasdistribution (EVOPE-projektet)	Jul 96	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	100
074	Gasblandningar för fordonsdrift. Idéstudie.	Aug 96	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
075	Gasbranschens miljöhandbok	Sep 96	Jörgen Thunell Svenskt Gastekniskt Center	500
076	Låg-NO _x -teknik för gasdrivna processer - dagsläge	Okt 96	Mikael Näslund, LTH Inst.Värme- och Kraftteknik, LTH	150
077	Karakterisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB 50-projektet	Dec 96	K-E Egeback Roger Westerholm	150
078	Uppvärmning med gas i svenska småhus - erfarenheter och framtida teknikval	Nov 96	Mikael Näslund, LTH	150
079	Handledn. för inst av gaseldade IR-värmare. Rådgivning, analys och genomförande	Apr 97	Pär Dalin DITAB	150
080	Mikrokraftvärmeverk med Stirlingmotor	Jan 97	Tomas Nilsson Lunds Tekniska Högskola	150
081	Naturgasbaserad småskalig kraftvärme inom uppvärmningssektorn	Feb 97	Mats Nilsson LTH/MALMÖ	150
082	Kylning och klimatisering av byggnader och lokaler med hjälp av naturgas	Apr 97	Anders Lindkvist Vattenfall Energisystem	150

98 10 09

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
083	Naturgassystemet i Sverige - en teknisk beskrivning	Jun 97	Ronny Nilsson, KM	150
084	Livscykelanalyser - Är det något för gasbranschen	Sep 97	Jörgen Thunell	150
085	Konvertering av direktelvärmda småhus till naturgasuppvärmning	Dec 97	Mikael Näslund Inst Värme- och Kraftteknik, LTH	150
086	Uppgradering av biogas . Fas 2, Praktiska försök med kondenseringsmetoder.	Jun 97	Ola Lloyd / BioMil AB Johan Nilsson / LTH	150
087	Utveckling av katatalytisk rening av avgaser från befintlig panna	Dec 97	F Silversand, T Hargitai m fl Katator AB	150
088	Technical Description of the Swedish Natural Gas Distr System (På Engelska)	Jun 97	Ronny Nilsson, KM	150
089	Rening av avgaser från en naturgasdriven lean burn motor i en förbr.växlare	Okt 97	Björn Heed Inst för Energiteknik, CTH	150
090	Miljö-Jämförelse av oreglerade emissioner - förstudie	Först	Jörgen Thunell	0
091	Nya metoder för att säkerställa mätnoggrannheten i naturgasnät	Nov 97	Ulf R C Nilsson Luleå TH, Inst Systemteknik	150
093	Karaktärisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB50-projektet		Karl Erik Egeback	150
A01	Fordonstankstation Naturgas. Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers	Feb 95	Per Carlsson Göteborg Energi AB	50
A02	Uppföljning av gaseldade luftvärmare vid Arlövs Sockerraffinaderi	Jul 95	Rolf Christensen Enercon RC	50
A03	Gasanvändning för färjedrift. Förstudie (Endast för internt bruk)	Jul 95	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult	0
A04	Bussbuller. Förslag till mätprogram	Jun 95	Ingemar Carlsson Ecotrans Teknik AB	50
A05	Värmning av vätskor med naturgas - Bakgrund till faktablad	Okt 95	Rolf Christensen Enerkon RC	50
A06	Isbildning i naturgasbussar och CNG-system (Endast för internt bruk)	Nov 95	Volvo Aero Turbines Sydgas, SGC	0

98 10 09

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
A07	Större keramisk fiberbrännare. Förstudie	Jan 96	Per Carlsson Sydkraft Konsult AB	50
A08	Reduktion av dioxin, furan- och klorfenoler vid avfallsförbränning	Maj 96	H Palmén, M Lampinen et al Helsingfors Tekniska Högskola	50
A09	Naturgas/mikrovågsteknik för sintring av keramer	Maj 96	Anders Röstin KTH	50
A10	NOx-reduktion genom naturgasinjektion o reburning. Demoprojekt på Knudmoseverket	Apr 96	Jan Flensted Poulsen Völund R & D Center	50
A11	Direktorkning av socker med naturgas (Endast för internt bruk)	Jul 96	Rolf Christensen Enerkon RC	0
A12	Uppföljning, installation av gaspanna med avgaskondensor, kv Hornblåsaren 6, Råå	Sep 96	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	50
A13	Klassningsplaner för gasinstallationer	Jun 97	Carl-Axel Stenberg Greger Arnesson	50
A14	Uppf av drift med natugaseldad kondenserande gaspanna i Rinnebäcksskolan	Okt 97	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	50
A15	Undersökn o förstärkn av korr.skyddet på gasrör förl i skyddsror - Delrapport 1	Nov 97	Åsa Marbe, C Johansson Sydkraft Konsult AB	100
A16	Ind - CO2-härdning av betong med naturgas	Feb 98	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	50
A17	Reservförsörjning med fordonstransporterad LNG	Dec 97	Stig Johansen	50
A18	Emissions- och immissionsmätning vid en naturgaseldad villapanna	Mar 97	David Cooper IVL	50
A19	Katalytisk rening av gaseldade lean -burnmotorer etapp I - teoretisk förstudie		Fredrik Silversand Katatro	100
				0



Svenskt Gastekniskt Center AB

S-205 09 MALMÖ
Telefon: 040-24 43 10
Telefax: 040-24 43 14

KFS AB, LUND