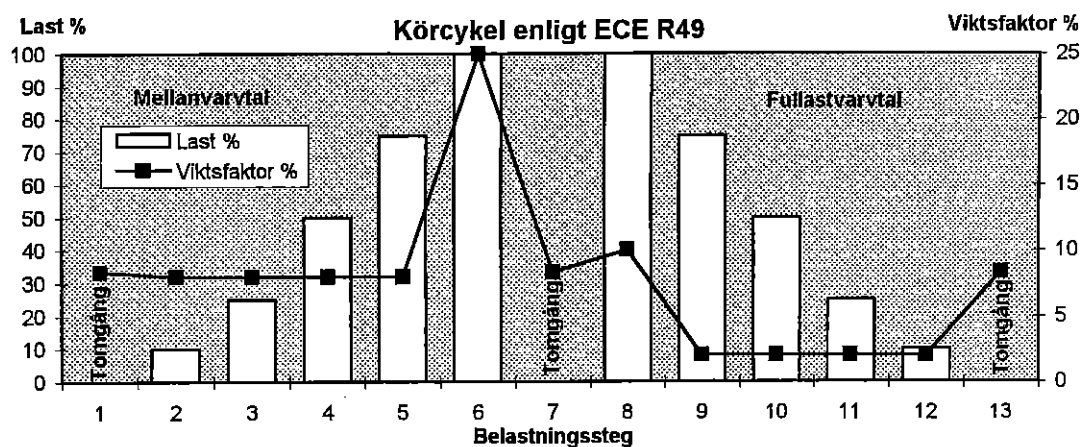

Rapport SGC 077

KARAKTERISERING AV EMISSIONER FRÅN NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB 50-PROJEKTET



KARL-ERIK EGEBÄCK
MILJÖTEKNIK
TEKNISKA HÖGSKOLAN I LULEÅ

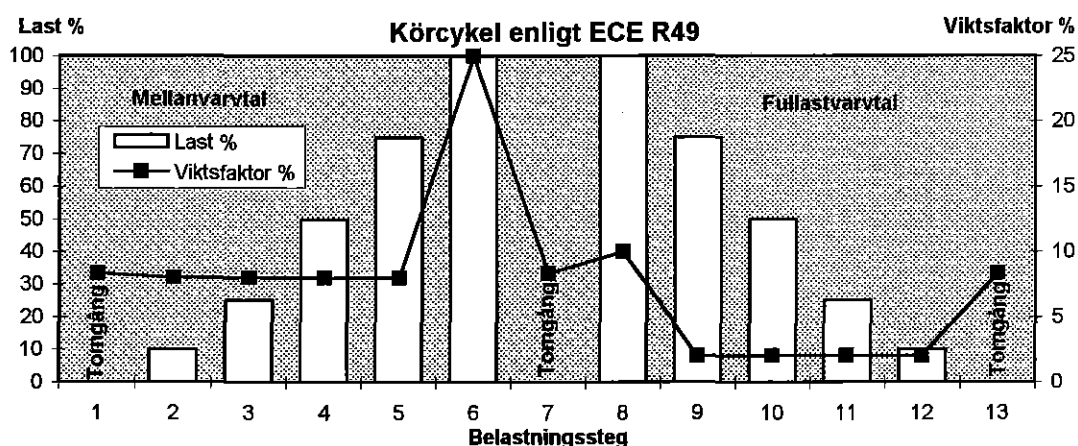
ROGER WESTERHOLM
ARRHENIUSLABORATORIET, ANALYTISK KEMI
STOCKHOLMS UNIVERSITET

December 1996



Rapport SGC 077

KARAKTERISERING AV EMISSIONER FRÅN NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB 50-PROJEKTET



KARL-ERIK EGEBAÄCK
MILJÖTEKNIK
TEKNISKA HÖGSKOLAN I LULEÅ

ROGER WESTERHOLM
ARRHENIUSLABORATORIET, ANALYTISK KEMI
STOCKHOLMS UNIVERSITET

December 1996

SGC:s FÖRORD

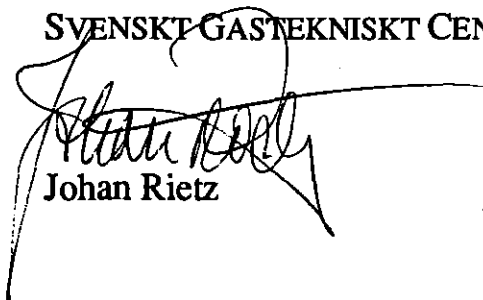
FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

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, Malmö Energi AB, Lunds Energi AB och Helsingborg Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

KARAKTERISERING AV EMISSIONER FRÅN NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB 50-PROJEKTET	1
SAMMANFATTNING	1
1. INLEDNING	2
2 PROGRAMMET FÖR EMISSIONSMÄTNINGAR.....	2
2.1 Provtagning under körning på chassidynamometer.....	2
2.2 Körcykler och mätmetoder	3
2.3 Analys av reglerade emissioner	7
2.4 Analys av icke reglerade emissioner utom PAC	8
2.5 Provtagning och analys av PAC och för biologiska test	8
2.6 Metoder för analys av PAC och för biologiska test.....	9
2.6.1 Preparering av prov och analys av PAC	9
2.6.2 Mutagenicitetstest.....	10
2.6.3 Test av TCDD receptor affinitet (IC50)	10
3 EMISSIONSMÄTNINGARNA.....	11
3.2 Resultat för reglerade emissioner	11
3.3 Resultat för icke reglerade emissioner.....	16
3.4 Resultat för PAC och biologiska test.....	16
3.5 Utvärdering av biologiska test.....	18
4 Diskussion av och kommentarer till erhållna resultat	18
4.1 Reglerade emissioner, bränsleförbrukning och avgastemperatur	18
4.2 Icke reglerade emissioner	20
4.3 Möjligheten att följa körcykeln under provet:.....	22
4.4 Slutsatser.....	24
Referenser	24
B I L A G O R	27
Bilaga 1.....	28
PROGRAM FÖR MÄTNING AV EMISSIONER M M FRÅN TUNGA NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB50-PROJEKTET.....	
Bilaga 2.....	37
BIOLOGISKA TEST	
Bilaga 3.....	39
SPECIFIKATIONER FRÅN VOLVO.....	
Bilaga 4.....	41
SEX BLAD MED MÄTVÄRDEN FRÅN PROV ENLIGT 13 MODE CYKEL	
Bilaga 5.....	47
ETT BLAD MED MÄTVÄRDEN FRÅN PROV ENLIGT BUSSCYKEL	
Bilaga 6.....	48
ETT BLAD MED MÄTVÄRDEN FRÅN PAH ANALYSER	
Bilaga 7.....	49
ETT BLAD MED VÄRDEN FRÅN BIOLOGISKA TEST.....	
Mutagenicity testing	
Assay for binding to the dioxin receptor	
.....	

KARAKTERISERING AV EMISSIONER FRÅN NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB 50-PROJEKTET

SAMMANFATTNING

Genom LB 50 projektet har en typ 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. 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 beskrivs i rapporten. 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", 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 lagfästa 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, etanol och polycykliska aromatiska kolväten inklusive nitropyren. Dessutom har biologiska test utförts enligt tv olika system för korttidstest.

Resultaten från emissionsmätningarna visar att specifikationerna enligt Volvo har uppfyllts. Viss tveksamhet råder dock beträffande HC och NO_x, som för HC ligger för högt hos Bil 1 och för NO_x för Bil 2 (med hänsyn till kraven enligt ovan). Vid busscykel ligger HC oväntat högt. De icke reglerade emissionerna bedöms generellt sett ligga på en förhållandevis låg nivå.

1. INLEDNING

Som ett led i ett projekt, benämnt LB 50-projektet, för utveckling och demonstration av lastbilar drivna med naturgas (CNG), det s k LB 50-projektet, genomförs ett program för karakterisering av avgasemissioner. Programmet omfattar emissionsmätningar på tre (3) av lastbilarna i fordonsflottan och dessa mätningar utförs hos Svensk Bilprovnings Motortestcenter (MTC) genom kontrakt mellan Svenskt Gastekniskt Center (SGC) och Svensk Bilprovning (ASB). Avtal har också tecknats mellan SGC och Stockholms universitet, Institutionen för Analytisk kemi för analys av polycykliska aromatiska föreningar (PAC) och biologiska test (mutagenicitetstest respektive TCDD Receptor Affinitetstest).

2 PROGRAMMET FÖR EMISSIONSMÄTNINGAR

Förutsättningarna för provtagning, analyser och test har varit att de skall ske genom:

- Prov på chassidynamometer enligt 13 mode cykeln.
- Prov på chassidynamometer enligt Braunschweig-cykeln (busscykeln).
- Provtagning för analys av icke reglerade emissioner.
- Analys av aldehyder, olefiner, metan, metanol, etanol och andelen NO₂ av NO_x.
- Analys av ett 25-tal olika PAH enligt avtalet med SU.
- Mutagenicitetstest på extrakt från partikelprov och prov i semivolatil fas.
- Test av TCDD receptor affinitet på partikelprov och prov i semivolatil fas.

I Bilaga 1 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. För att fastställa fordonets motstånd vid körning på väg kan olika metoder användas. En metod är att utföra s k "coast down" (nerrullning) på väg i hastighetsområdet 88,5 km/h till 72,4 km/h. Mätningen går i korthet till så att fordonet körs på en plan (icke lutande) körbana vid en hastighet av ca 90 km/h. Därefter låter man fordonet retardera med frikopplad motor varunder tiden för nerrullning mellan 88,5 km/h och 72,4 km/h mäts.

Provet på väg upprepas under körning på chassidynamometern varvid denna ställs in (chassidynamometerens bromsmotstånd justeras) så att tiden för nerrullning på chassidynamometern blir samma som tiden för nerrullning på väg.

Eftersom det beskrivna nerrullningsprovet är relativt tidskrävande att genomföra och kräver speciella väderleksförhållanden (lugnt torrt väder) och en speciell körbana (eller provbana) tillämpar MTC vanligen metoden att ställa in chassidynamometern.

En tredje metod har beskrivits i Statens naturvårdsverks författningssamling, Miljöskydd, SNFS 1987:3 MS:8 Kungörelse med föreskrifter om avgasrening för vissa bilar, A12-Regulation, Annex 1, Appendix 2, Paragraf 2 (SNFS, 1991). Den metod som beskrivs i A12-Regulation är ungefär densamma som "coast down"-metoden, men den är mer tidskrävande eftersom nerrullningen skall utföras vid flera olika hastigheter.

Enligt uppgift från MTC "tillämpas där vanligen metoden att ställa in väglasten (rull- och luftmotstånd) så att den motsvarar en utrullning på väg, utförd med ett liknande fordon. Vid 13-modeprovet, som är ett konstantbelastningsprov, används bränsleförbrukningen vid ett prov i motorprovbänk med motor av samma typ som inställningsparameter av dellaststegen. Justering görs med hänsyn till bränsleförbrukningen i maxlaststegen. Effektberäkning görs under antagandet att verkningsgraden för de båda motorerna är den samma".

Provtagning för analyser har skett enligt två olika principer, direktprovtagning respektive provtagning sedan avgaserna späts 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-analyserna är dock gjorda i icke spädda avgaser, se för övrigt nästa avsnitt.

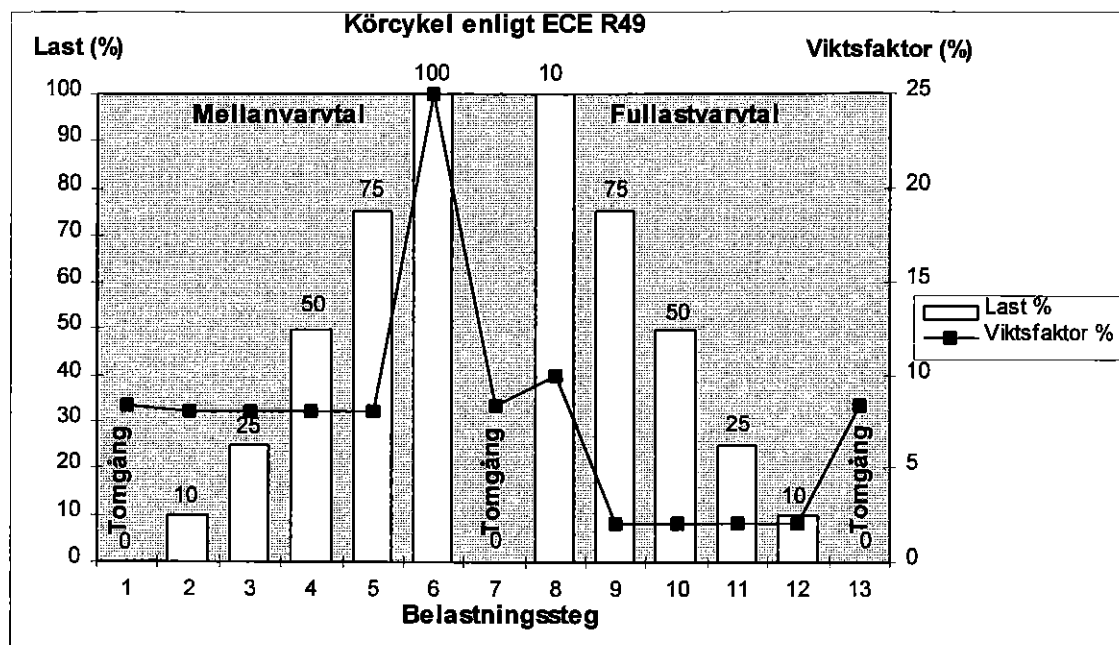
2.2 Körcykler och mätmetoder

Standardiserade avgasprov för tunga fordon utförs inte på fordonet utan på motor monterad i provbänk. Orsakerna till att provet utförs på motor istället för på fordon är flera men de viktigaste är att motorn ifråga ofta kan komma att användas i fordon av olika viktsklasser och att provningen skulle bli tidskrävande och kostsam om alla fordonstyper skulle provas. Vidare kan inställningen för belastning av motorn göras noggrannare med motorn monterad i provbänk och dessutom skulle emissionsmätningarna kräva att en chassidynamometer för tunga fordon anskaffades vid sidan av den för motorfabrikanten obligatoriska motorprovbänken. Om motorn redan vid provtillfället är monterad i ett fordon finns det å andra sidan stora fördelar både vad gäller tidsåtgången för emissionsmätningen och därmed kostnaden för att utföra mätningen med motorn monterad i fordonet. Jämfört med prov på motor går det relativt snabbt att utföra provet på fordonet. Dessutom blir mätningen mera realistisk till följd av att motor, transmission, hjul etc. kommer vara inkopplade under mätningen. Fordonet kan inom vissa gränser köras och belastas som sker vid körning på landsväg. Standardiserat prov måste emellertid utföras på motor.

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 (Egeback och Westerholm, 1996).



Figur 2.1. 13 mode cykeln inklusive viktsfaktorer.

Som framgår av Figur 2.1 är 13 mode cykeln en konstanbelastningscykel, 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. Den specificerade motorbelastningen vid de olika belastningsstegen har i figuren angetts med ett siffervärde i procent av maximala motoreffekten vid mellanvarvtalet respektive fullastvarvtalet. Provet utförs i den ordning, som belastningsstegen anger.

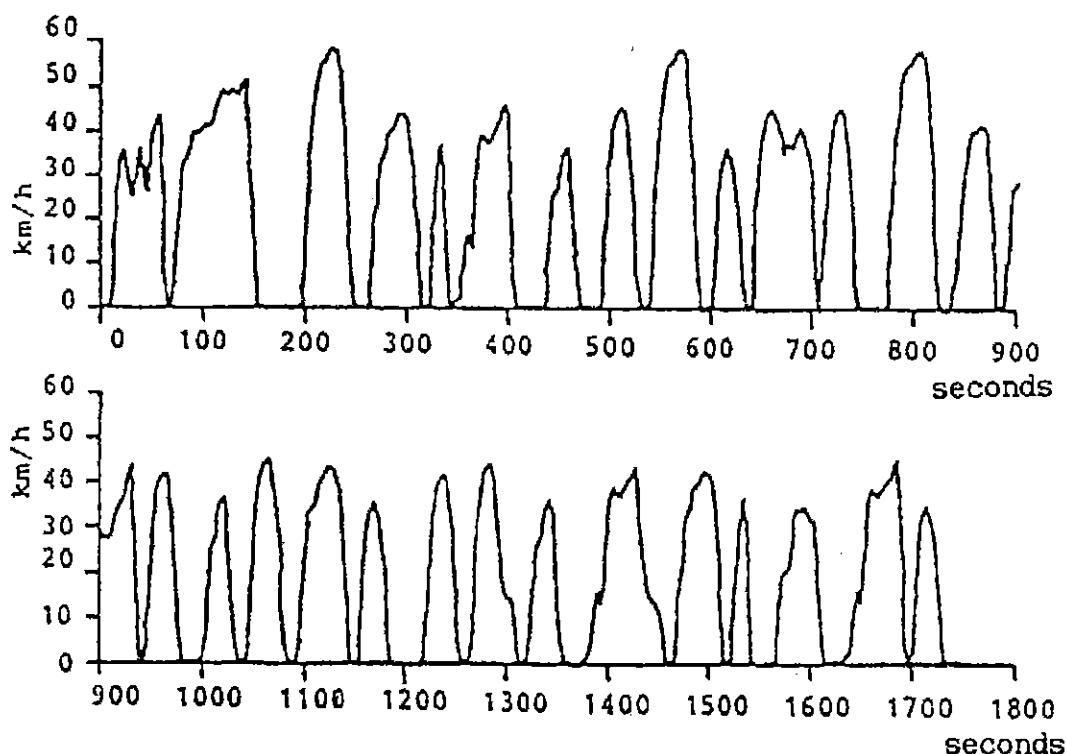
Beräkningen av viktade medelutsläppen av CO, HC och NO_x (i g/kWh) utförs enligt formeln $BSE_{mass} = \sum E_{mass} \cdot WF / \sum P \cdot WF$, där
 E_{mass} = Specifika emissionen för CO, HC respektive NO_x (g/h)
 P = ej korrigerad motoreffekt effekt (kW)
 WF = viktsfaktor (se Figur 2.1)

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.

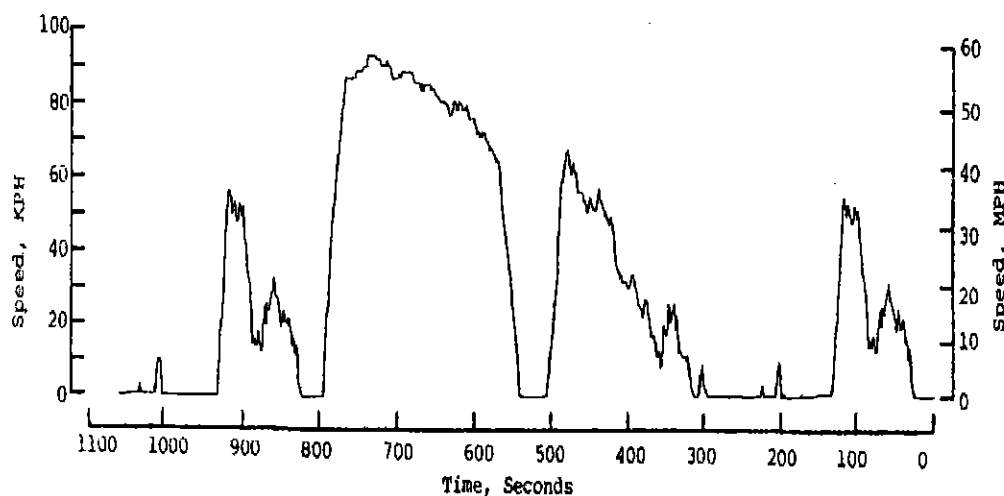
Den så kallade "Busscykel" eller "Braunschweig"-cykeln, som har utvecklats vid universitetet i Braunschweig i Tyskland under beteckningen "Stochastischer Fahrzyklus für Stadtlinien Omnibusse" har kommit att användas i vårt land som den mest representativa körcykeln av kända körcykler för bussar i stadstrafik, Figur 2.2. 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.

I Figur 2.3 visas en körcykel för chassidynamometerprov "EPA Urban Dynamometer Driving Schedule for Heavy-Duty Vehicles", som utvecklades i USA i samband med att den transienta körcykeln för motorer till tunga fordon utvecklades. Den körcykeln har använts i viss omfattning vid prov i bilavgaslaboratoriet i Studsvik vid prov på lastbilar och bussar. Därigenom finns vissa referensdata både i vårt land och i USA (South West Research Institute), men långt ifrån den mängd som från prov enligt busscykeln.

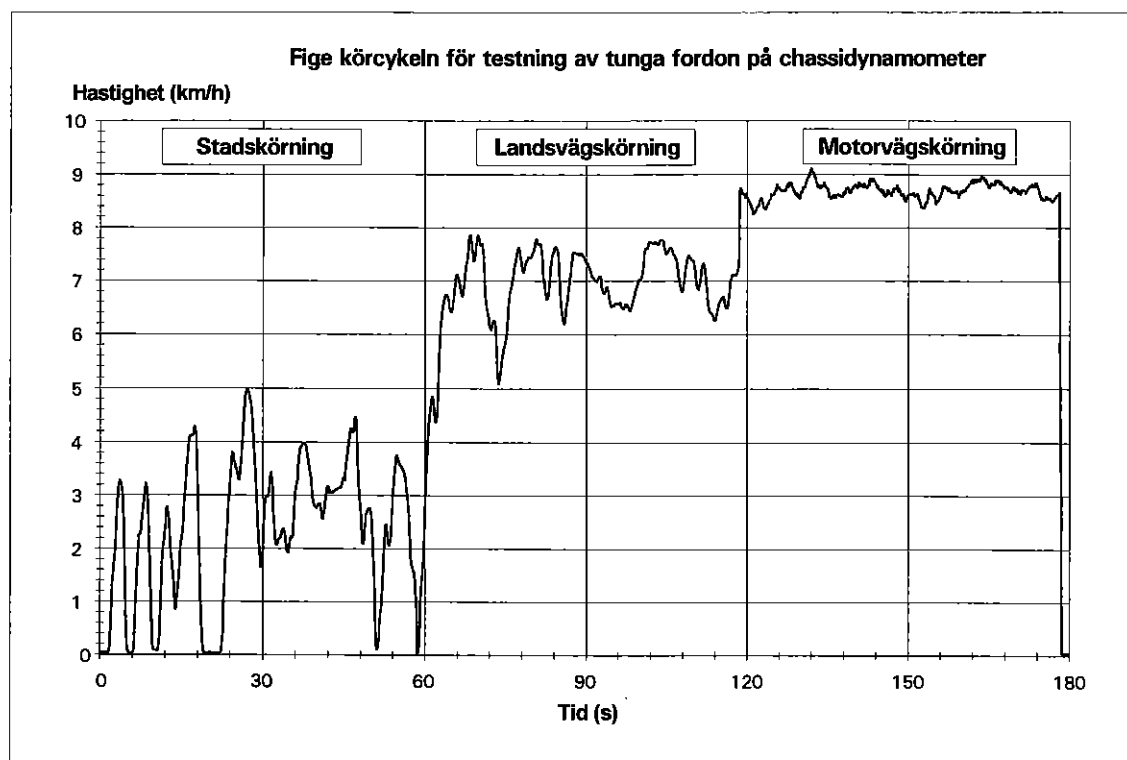


Figur 2.2. Busscykeln (Stochastischer Fahrzyklus für Stadtlinien Omnibusse")



Figur 2.3. "EPA Urban Dynamometer Driving Schedule for Heavy-Duty Vehicles". Med "Speed KPH" och "Speed MPH" avses hastighet i km/h respektive miles/h.

Genom ett samarbetsprojekt inom EU/ECE, för vilket Umwelt Bundes Amt (UBA) i Tyskland tagit på sig ett särskilt ansvar har nya körcykler utvecklats både för motorprov och chassidynamometerprov. MTC har deltagit i utvecklingen av körcykeln och man har därigenom kunnat undersöka de nya körcyklerna (Hedbom, 1996). FIGE cykeln för chassidynamometer är sammansatt av tre delar - stadskörning, landsvägskörning och motorvägskörning, se Figur 2.4). Intentionen efter en första fas av projektarbetet var att den del eller de delar av körcykeln, som bäst lämpade sig för fordonstypen och dess användningsområde för fordonet, skulle kunna väljas vid prov för karakterisering av emissionerna (Rødt, 1993). Den möjligheten finns hos FIGE-cykeln.



Figur 2.4. FIGE körcykeln för chassidynamometerprov

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. Att just den körcykeln valdes för mätningarna i Studsviks-laboratoriet 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. Kritiskt 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 omgivning.

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 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, vilket 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 spädningsluft och det ökar 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 av vilka följande sammanfattningsvis särskilt kan pekas på:

- ✧ 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 p g a använt provtagningsförfarande och därvid särskilt på filter 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 kompressions-tändning 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.

Det finns inget lagfäst krav på att utföra avgasprov utöver de som fastställts i Naturvårdsverkets föreskrift A30 (SNFS, 1991), (SNFS 1994:12) och EEG-direktivet 91/441 EEG (steg 2) som gäller tunga fordon, dvs fordon med en totalvikt över 3,5 ton. I dessa föreskrivs att prov skall utföras på motor enligt 13 mode cykeln och att vissa krav skall uppfyllas vad gäller bl a gränsvärden för utsläpp av föroreningar och hållbarhet med avseende på motor och annan utrustning som påverkar utsläppen. För närvarande är gränsvärdena i g/kWh: 1,1, 4,0,

7,0 och 0,15 (0,25¹) för HC, CO, NO_x respektive partiklar. Skälet till att i detta fall utföra mätningar utöver de som krävs genom ovannämnda föreskrifter, är att det anses som angeläget att inom LB 50-projektet utföra en mer omfattande karakterisering av föroreningsutsläppen än sker vid prov enligt föreskrifterna för dieselmotorer till tunga fordon.

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

För CO och CO₂ med infrarödanalysator utan spridningsoptik (NDIR).

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

För 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.

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 utom PAC

Utöver ovan angivna emissioner omfattar avtalet mellan SGC och ASB analys av metan (CH₄), eten (CH₂=CH₂), propen (CH₃CH=CH₂), formaldehyd (CH₂O), acetaldehyd (CH₃CHO), 1,3 butadien (CH₂=CH-CH=CH₂), metanol (CH₃OH eller MeOH) och etanol (C₂H₅OH 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 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, iskylt vatten. Analys utförs då med gaskromatograf. MTC använder tekniken med (FTIR) för provtagning och analys av alkoholer.

2.5 Provtagning och analys av PAC och för biologiska test

Begreppet PAC "polycyclic aromatic compounds" innehåller ett flertal olika föreningar bland annat PAH "polycyclic aromatic hydrocarbons" och nitroderivat bl a NO₂-PAH. Inom LB 50-

¹ Partikelgränsvärde för dieselmotorer med en slagvolym <0,7 dm³ per cylinder och ett nominellt motorvarvtal >3000 min⁻¹.

projektet har ett flertal PAH analyserats och markörsubstansen 1-NO₂-pyren gällande nitro-PAH kvantifierats.

Analys av PAC och biologiska test utförs på både partikelextrakt (partikelfas) och extrakt av halvflyktiga föreningar (semivolatil fas). För de biologiska testen krävs förhållandevis stora provmängder och särskilt som två olika test utförs inom LB 50-projektet.

Hos gasdrivna fordon är partikelutsläppen mycket små, provtagningen fick planeras så att ;

- för PAC-analyserna slogs alikvoter av de tre proven på samma bil ihop till ett prov.

Eftersom mätningarna omfattade tre bilar har tre prov analyserats för partikelfas resp. semivolatil fas.

- för de biologiska testen gällde att alikvoter från alla prov "slogs ihop" till ett prov med partikelextrakt och ett prov med extrakt från semivolatil fas.

2.6 Metoder för analys av PAC och för biologiska test

Vid en mer omfattande karakterisering av föroreningsutsläpp från förbränningsmotorer och för generering av underlag till en uppskattning av hälsoeffekter kombineras ofta resultaten från avgasmätningarna och då främst analyser av PAC med resultaten från biologiska korttids-tester. Som redan nämnts i föregående avsnitt var målsättningen vid provtagningen för PAC-analyser och biologiska test att ta en tillräckligt stor provmängd för att kunna utföra analyser och test på samma prover. Detta lyckades emellertid inte helt, men en jämförelse av har ändå kunnat göras. En viktig del i bedömningen av de biologiska testen är att kunna studera sambandet mellan utsläppen av PAH/PAC och resultaten från de biologiska testen.

2.6.1 Preparering av prov och analys av PAC

Vid provtagning för PAC analyser av partikelextrakt används teflonbelagda glasfiberfilter (Pallflex T60A20) av storlek 50 x 50 cm eller mindre beroende på förväntad partikelmängd i avgaserna. Före provtagningen tvättas filtren i etanol, aceton och diklormetan och torkas vid 200 °C. Efter provtagningen, förvaras filtren vid -18 °C fram till extraheringen. Filtren Soxhlet-extraheras med diklormetan under 18 timmar. Efter extraktionen slås extrakten ihop ("poolas") enligt förut bestämt schema för analyser och test. Särskilda analyser utförs för bestämning av bakgrundshalter av PAC och andra ämnen som kan påverka resultaten från PAC-analyserna och de biologiska testen. Dessa utförs genom att ta s k blankprov på filter från den luft, som passerat genom spädningstunneln. Filtret för blankprov prepareras och behandlas på samma sätt som filtret för partikelanalys. Metodiken finns beskriven i detalj i referensen (Westerholm et al., 1991).

Provtagning för analys av PAC i semivolatil fas och biologiska test av extrakt ur sådant prov utförs i serie så att provtagningsfiltret för partiklar före ligger provtagningsmediet för semivolatil fas. För provtagning i semivolatil fas används ett material, "polyuretanefoam" (benämns "PUF") och som tillverkas av polyuretanskum, vilket framgår av beteckningen på engelska. Preparering av PUF, förvaring av prov och extrahering av PUF utförs enligt följande:

1. PUF tvättas först i tvättmaskin under en timme vid en temperatur av 85 °C och centrifugeras så att de blir torra. Vidare tvättas de i 5 l destillerat vatten, vattnet kramas ur varefter de tvättas i 1 l 99 % etanol, kramas ur och tvättas i 0,5 l aceton. Vidare extraheras PUF en efter en i en soxhlet extraktor (1,5 l) med aceton och med toluen.
2. De på ovanstående sätt tvättade PUF förvaras därefter i tillslutna tedlarpåsar fram till dess de skall användas för provtagning.
3. Efter provtagningen förvaras PUF i tillslutna glasbehållare vid -18 °C fram till att de ska extraheras med aceton under 12 timmar.
4. Sammanslagning av extraktalikheter utförs på motsvarande sätt som för partikelextrakten.

2.6.2 Mutagenicitetstest

De två biologiska testen, som använts i denna undersökning, baseras var för sig på den påverkan de leder till. I fallet med Salmonella testet (Ames test) är det en mutation, som testet visar och att detta kan leda till en skada på DNA. Testet utvecklades primärt till att tjäna som korttidstest för potentiella carcinogener. Trots att inte alla carcinogener kan detekteras med detta test eller något annat korttidstest, visar en reproducerbar respons alltid, att testade komponenter eller blandningar har mutagena egenskaper.

Tidigare Analyser och test av emissioner med dieslavgaser har visat att responsen i Ames test korrelerar med PAH-emissionen, vilket indikerar att genotoxiciteten hos avgasprov sannolikt är relaterade till PAH-derivat (Li et al.,1993).

För mutagenicitetstest har Salmonella Typhimurium bakterierna TA 98 och TA 100 använts enligt Maron och Ames (Maron och Ames, 1983) med en liten modifiering som innebär att histidin och biotin tillsätts till mediet istället för till mjuk agarn. Ett leverhomogenat från manliga Sprague-Dawley råttor betecknat (S9) används som metaboliserande system. Mutagenicitetstestet grundas på återmutation av bakterier och visar sig på plattorna som runda ljusa ansamlingar (återmuterade bakteriekolonier). I regel testas tre olika mängder per platta av extraktet (provet) t ex 25, 50 och 100 µl. Regressionslinjen mellan antalet bakteriekolonier och mängden extrakt beräknas och utifrån lutningen på linjen fastställs mutageniciteten hos provet. Testet upprepas ett antal gånger för att fastställa spridningen hos resultaten från de upprepade testen och därmed även signifikansen hos testresultatet (markeras med *, ** och ***, där *** anger högsta signifikansen).

2.6.3 Test av TCDD receptor affinitet (IC₅₀)

Vid TCDD receptor affinitet test tillsätts ett avgasprov till en lösning. Avgasprovet får konkurrera med ett radioaktivt märkt TCDD. Den relativa bindningsaffiniteten hos avgasprovet beräknas från log-logit kurvor (plots) och konkurrensen för TCDD-bindningen genom att använda linjär regressionsanalys. Relativa bindningsaffiniteten anges som IC₅₀, dvs den koncentrationen av provet som behövs för att konkurrera för 50 % av de [³H] TCDD bindningspositioner. Emellertid är ett relativt bindningsaffinitetsindex definierat som $IC_{50\text{ index}} = 1/IC_{50}$, vilket används i figurerna.

Utförligare redogörelser för de biologiska testen finns under stycket 4.2 och i Bilaga 2.

3 EMISSIONSMÄTNINGARNA

Emissionsmätningarna utfördes på tre fordon med motornumren för:

Bil 1: S-68828*277711, ABW 660

Bil 2: S-68820*277714, ADC 850

Bil 3: S-68822*278922, ABW 850

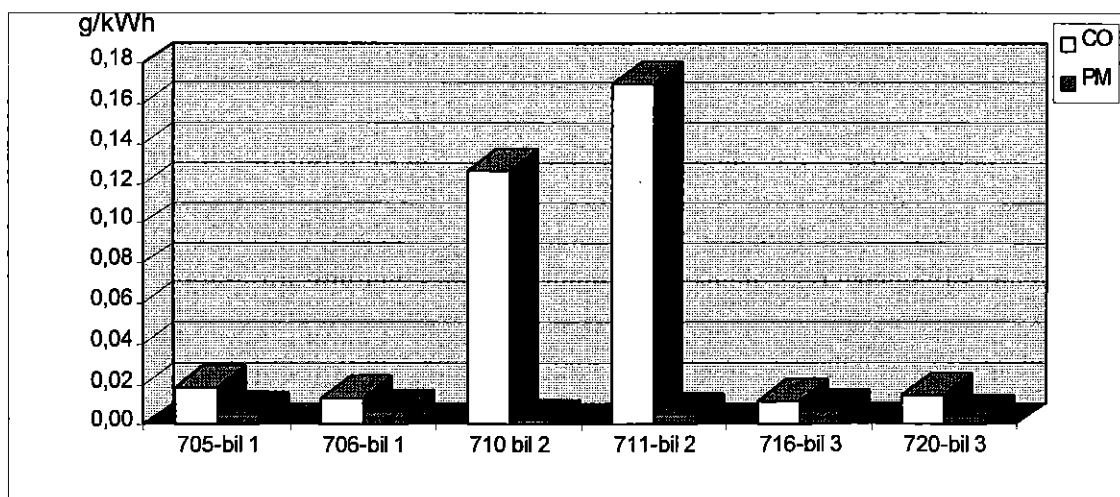
Bilarna transporterades på trailer till AB Svensk Bilprovnings Motortestcenter i Jordbro, där emissionsmätningarna utfördes.

3.2 Resultat för reglerade emissioner

I följande avsnitt redovisas resultaten för prov enligt 13 mode cykeln och för busscykeln i två skilda avsnitt. Resultat för reglerade emissioner presenteras i Figur 3.1 a-g för prov enligt 13 mode cykeln och i Figur 3.2 a-d för prov enligt busscykeln. För aldehyder och olefiner redovisas resultaten i Figur 3. Resultaten från PAC analyser och biologiska test redovisas under avsnitt 3.2. Korta kommentarer lämnas i anslutning till figurerna. I kapitel 4 diskuteras resultaten något mer ingående. Siffrorna före "Bil" i figuren avser provnumret enligt MTC, som utfört emissionsmätningarna.

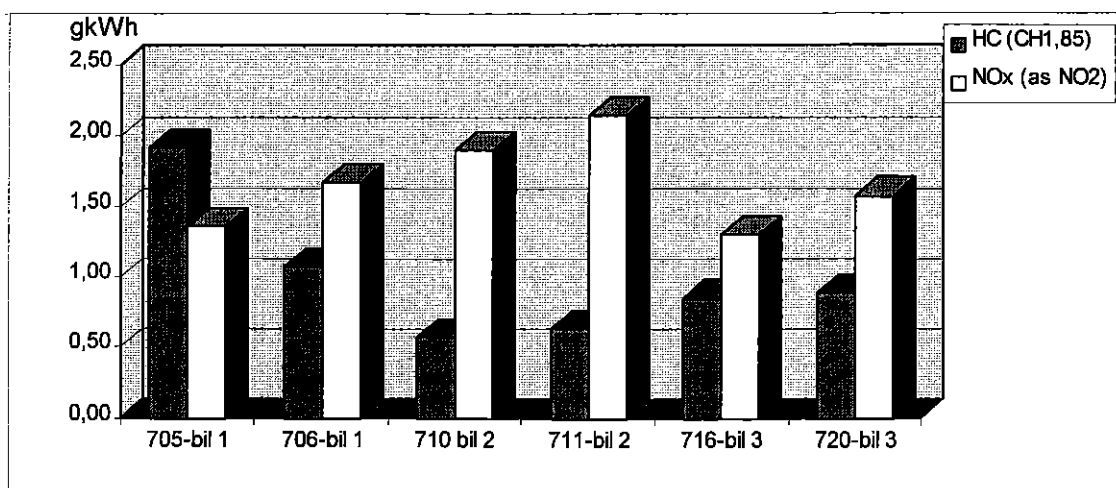
Resultat från prov enligt 13 mode cykeln

Resultaten från prov enligt 13 mode cykeln åskådliggörs i följande figurer och mätvärdena redovisas i BILAGA till rapporten.



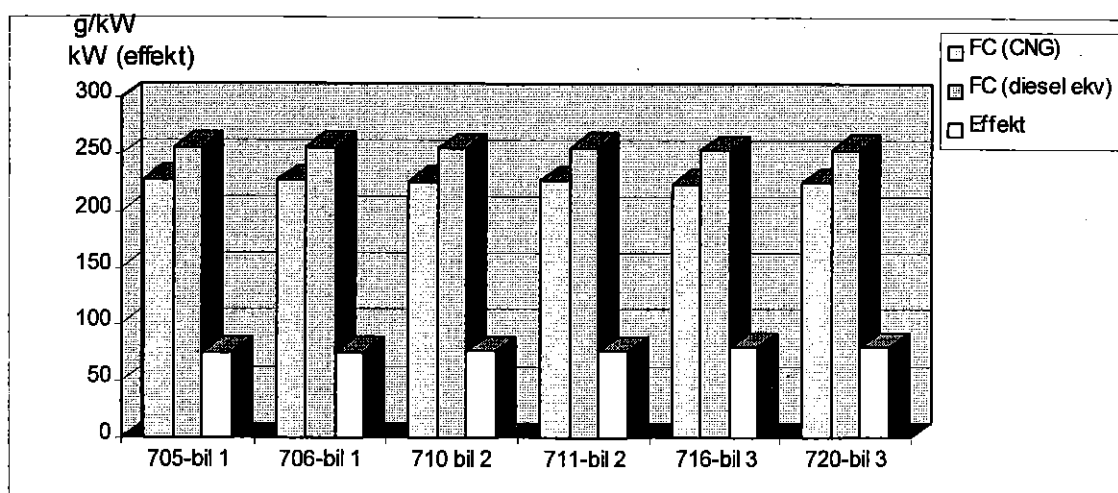
Figur 3.1a Utsläpp av koloxid (CO) och partiklar (PM) vid prov enligt 13 mode cykeln.

Som väntat ligger utsläppen av både CO och partiklar på en låg nivå även om mätningarna på Bil 2 visar högre värden för CO än värdena för de andra två bilarna. Genom att jämföra utsläppet av CO med HC och NO_x görs under kapitel 4 ett försök till att förklara orsaken till denna skillnad.



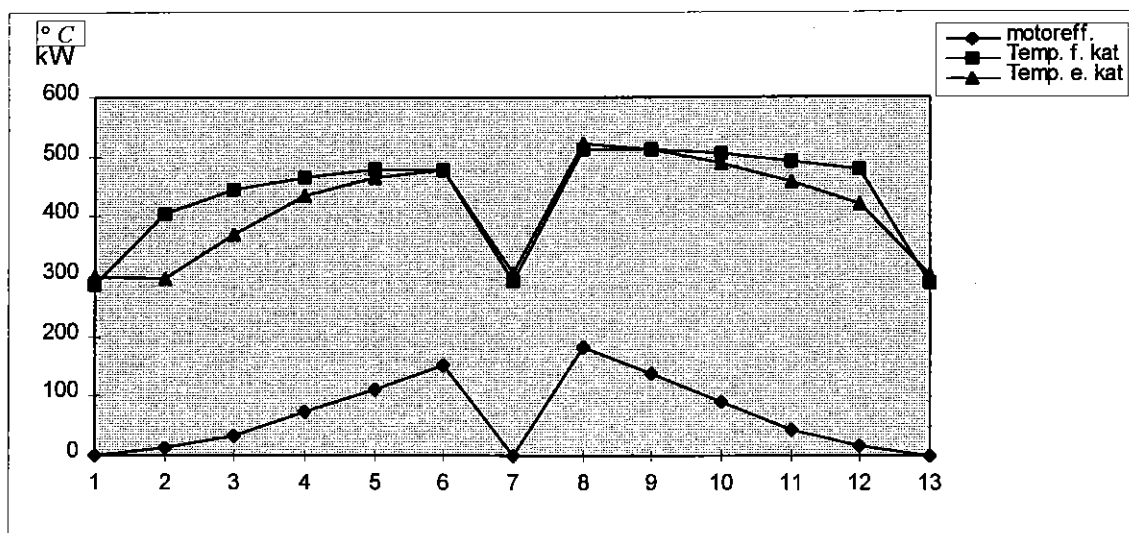
Figur 3.1b Utsläpp av kolväten (HC) och kväveoxider (NO_x) vid prov enligt 13 mode cykeln.

Vid en första genomgång av data är intrycket att utsläppen av kolväten ligger på en något högre nivå än väntat åtminstone för Bil 1 men att utsläppen av kväveoxider ligger på en förhållandevis låg nivå för framförallt Bil 3. För HC är emellertid bilden inte helt klar eftersom för Bil 1 ett av två prov ligger högt medan det andra provet ligger ungefär på den av Volvo specificerade gränsen 1,1 g/kWh (se Bilagedelen). För NO_x är bilden klarare. Här ligger båda proven för Bil 2 klart högre än för de andra två bilarna. Tyvärr har MTC inte mätt utsläppen av metan vid prov enligt 13 mode cykeln. På grund därav är det inte möjligt att kvantifiera metanemissionen men en jämförelse med metanemissionen vid prov enligt busscykeln talar för att största andelen HC utgörs av metan.



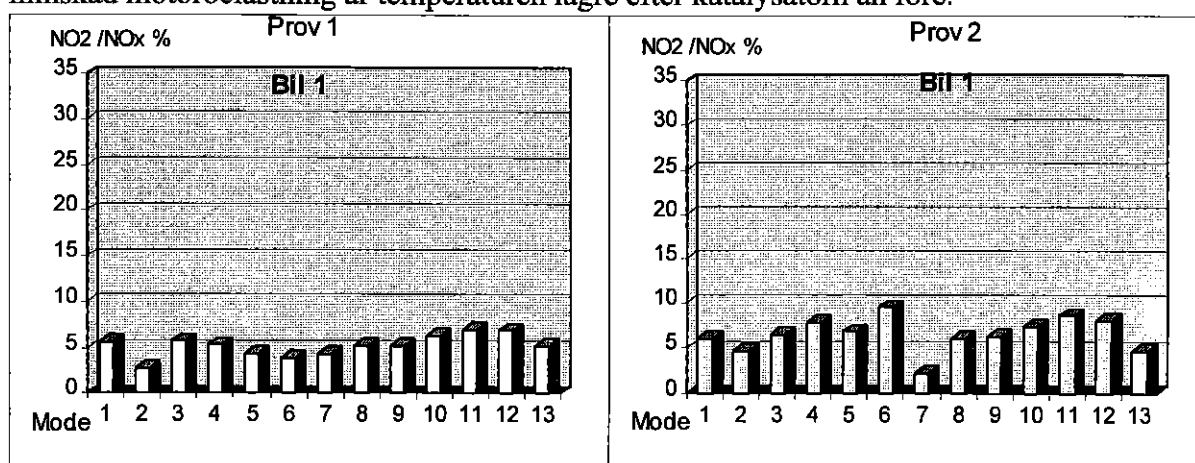
Figur 3.1c. Bränsleförbrukning och uttagen motoreffekt vid prov enligt 13 mode cykeln. (CNG=Compressed natural gas, FC= Fuel Consumption, diesel ekvivalent)

På grund av att mätvärden för bränsleförbrukning saknas för motsvarande fordon och motor kan ingen jämförelse göras gentemot användning av dieselolja som bränsle.

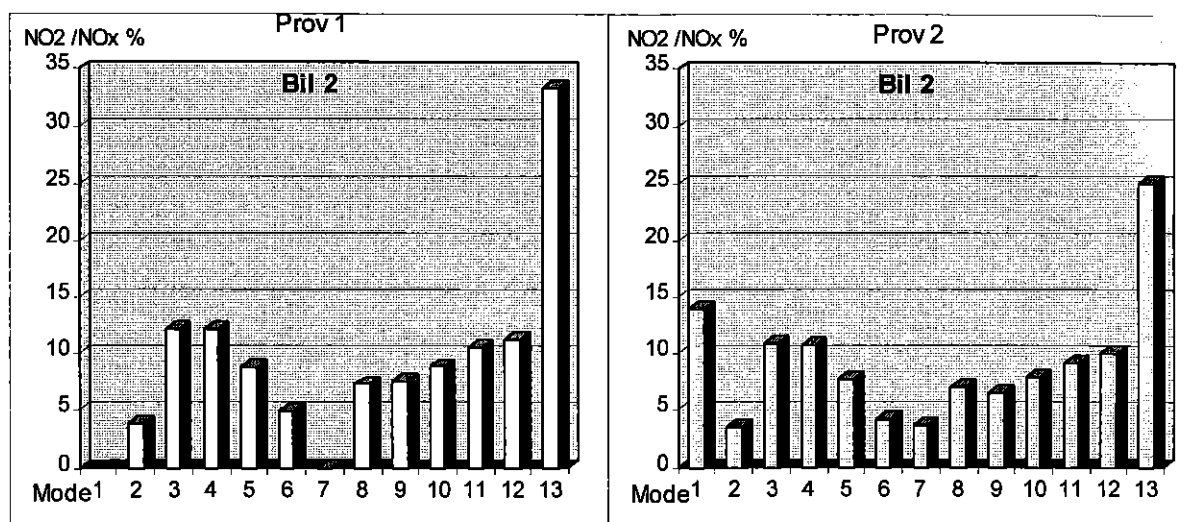


Figur 3.1d. Motoreffekt och avgastemperatur efter turbin vid prov enligt 13 mode cykeln.

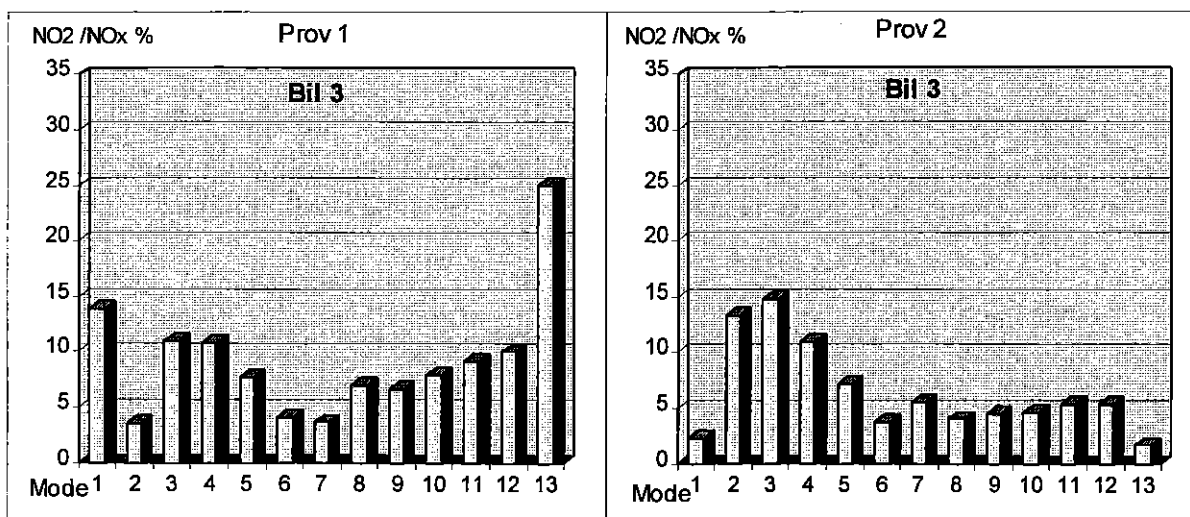
Figuren visar temperaturer i avgaserna före katalysatorn, vilket kan vara av intresse vid studier av katalysatorns funktion. Värdena gäller för Bil 1, men skillnaden mellan Bil 1 och de andra två bilarna är liten. Eftersom katalysatorns massa är förhållandevis stor uppstår troligen en viss eftersläpning av temperaturen. Dock bör observeras att även vid steg med konsekutivt minskad motorbelastning är temperaturen lägre efter katalysatorn än före.



Figur 3.1e. Andelen NO_2 av NO_x för Bil 1.



Figur 3.1f. Andelen NO_2 av NO_x för Bil 2.

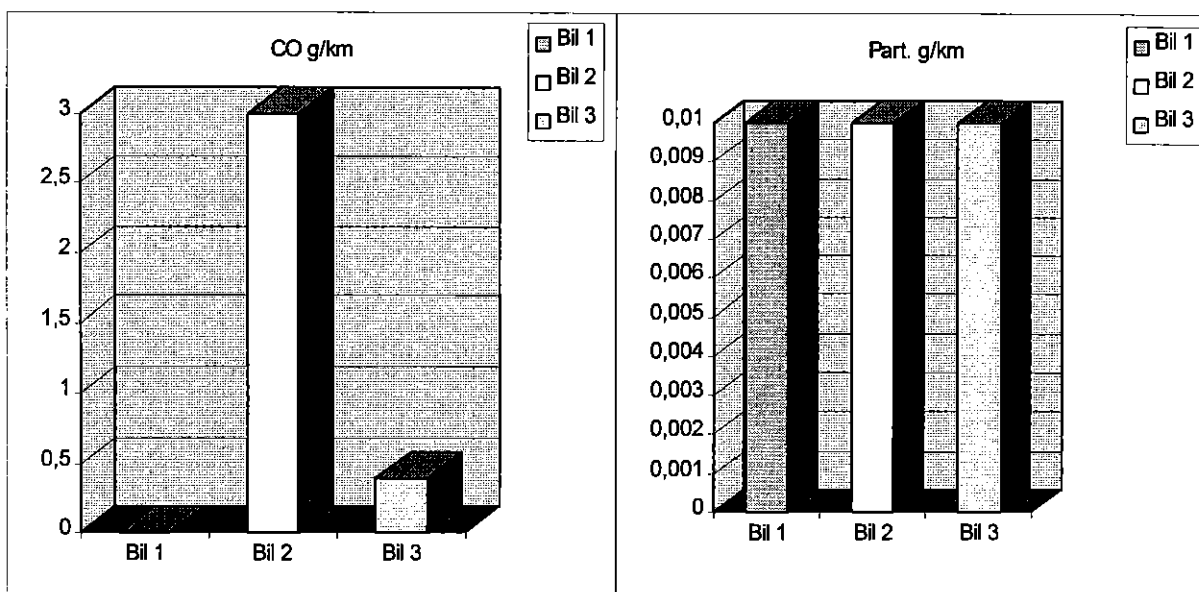


Figur 3.1g. Andelen NO₂ av NO_x för Bil 3.

Andelen NO₂ av NO_x är generellt sett mindre än väntat för en bil med oxiderande katalysator och som körs med luftöverskott. I många fall oxiderar NO till NO₂ i katalysatorn, vilket inte skett hos de naturgasdrivna bilarna. Detta är en fördel på att NO₂ är den kväveoxid som kan ge akuta hälsoproblem och därför måste begränsas. Andelen NO₂ varierar dock ganska kraftigt för de tre bilarna både mellan bilarna och mellan de olika motorbelastningarna vid prov enligt 13 mode cykeln. Variationen beror på hur jämviktsläget är mellan NO och NO₂. Detta beror i sin tur på olika faktorer varav temperaturen i avgaserna är en faktor.

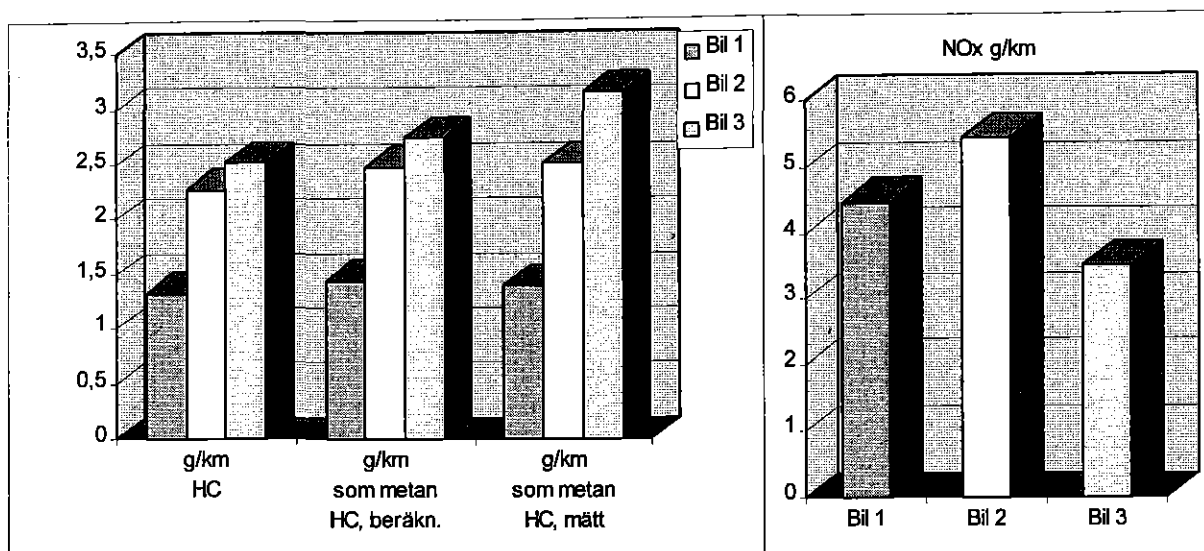
Som redan påpekats är andelen NO₂ av NO_x liten utom i några fall vid tomgång. Å andra sidan är utsläppen av kväveoxider små vid tomgångskörning och därför blir det endast ett litet NO₂ tillskott trots en hög NO₂-halt.

Resultat från prov enligt busscykeln



Figur 3.2b. utsläpp av koloxid och partiklar (<0,01 g/km) vid prov enligt busscykel.

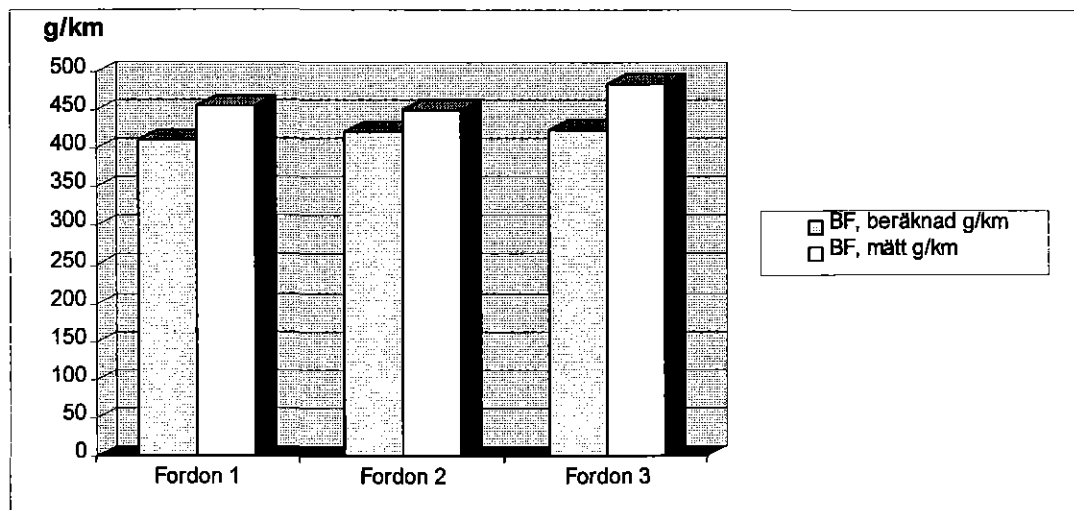
Som framgår av figuren för CO är nivån mycket högre för Bil 2 även vid prov enligt busscykel än för de två andra bilarna. Nivån för CO kan bedömas som hög (Bil 2) för att vara en gasdriven bil med magermotor ("lean burn"). Däremot ligger nivån för partiklar så lågt i reella tal räknat, att den ligger på gränsen till att partiklar i avgaserna skall kunna detekteras med använd mätmetod. Som resultat har 0,01 g/kWh redovisats (se BILAGA 5).



Figur 3.2c. Utsläpp av kolväten och kväveoxider vid prov enligt busscykeln.

För HC gäller att de första två staplarna avser de fall då halterna mätts med det vanligen använda FID-instrumentet. Den tredje stapeln gäller fallet då ett för mätning av metanhalter i avgaserna särskilt anpassat FID-instrument använts. Det är anmärkningsvärt att utsläppen av kolväten inbördes är så olika för de tre bilarna och att nivån är så hög särskilt för bilarna 2 och 3. En fråga relaterad till mättekniken är också varför nivån för utsläppen av metan tenderar att vara högre än nivån för totalutsläppen av HC. Enligt uppgift från MTC kalibrerades instrumenten med samma kalibreringsgas. Tidigare erfarenheter har också visat att olika exemplar av FID kan ge olika respons för samma avgasprov.

Av figuren som visar NO_x utsläppen kan man se att även vid prov enligt busscykel är nivån för Bil 2 högst. Å andra sidan ligger kväveoxidutsläppen på en anmärkningsvärt låg nivå för Bil 3.

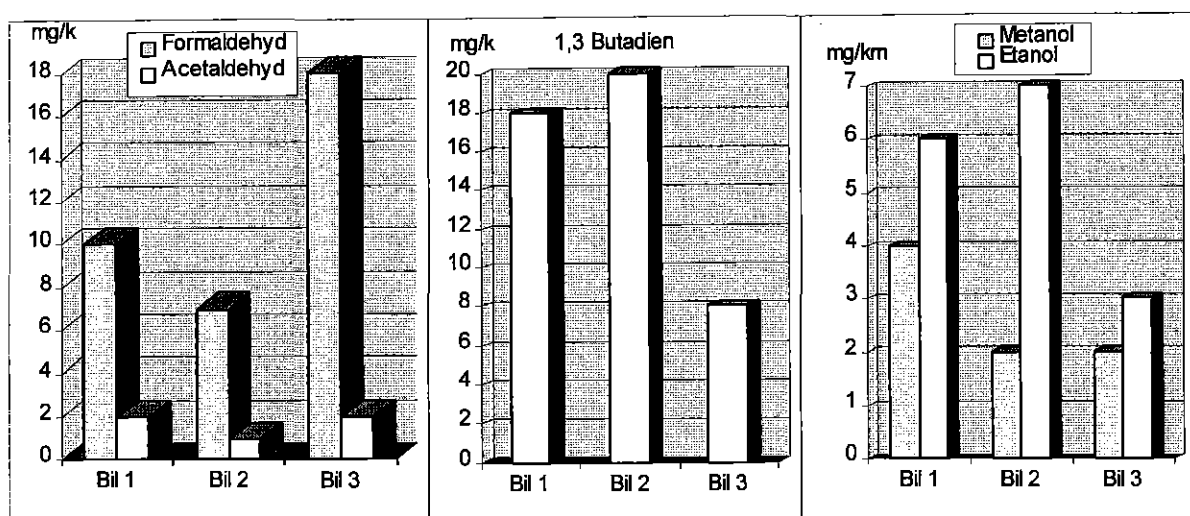


Figur 3.2d. Beräknad och mätt bränsleförbrukning vid busscykelprov.

Av figuren framgår att det är en betydande skillnad mellan beräknad och mätt bränsleförbrukning, 418 g/km resp. 463 g/km som medelvärde för de tre lastbilarna. Jämfört med de resultat som redovisats för prov enligt 13 mode cykeln uppvisar Bil 3 här högre mätt bränsleförbrukning än de två andra busarna. Dessutom är skillnaden i bränsleförbrukning mellan den beräknade bränsleförbrukningen och den mätta förbrukningen 45 g/km (410 g/km mot 455 g/km) för Bil 1, 29 g/km (421 g/km mot 450) g/km för Bil 2 och 61 g/km (423 mot 484 g/km) för Bil 3. Dessa variationer i skillnaden mellan beräknad och mätt bränsleförbrukning har förklarats bero på att bränslemätaren kontaminerades genom olja i naturgasen, se avsnitt 4.1.

3.3 Resultat för icke reglerade emissioner

Data för aldehyder, 1,3 butadien, metanol och etanol visas i Figur 3.3.

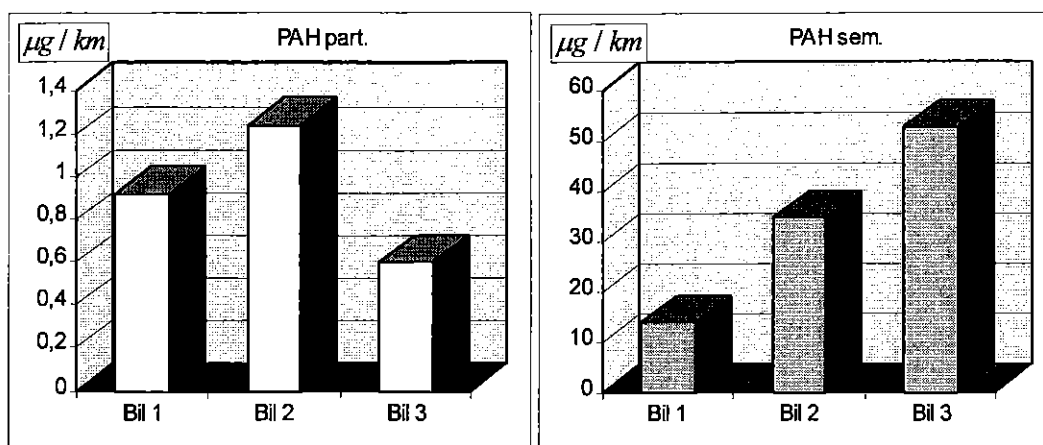


Figur 3.3. Utsläpp av aldehyder, 1,3 butadien och alkoholer vid prov enligt busscykeln.

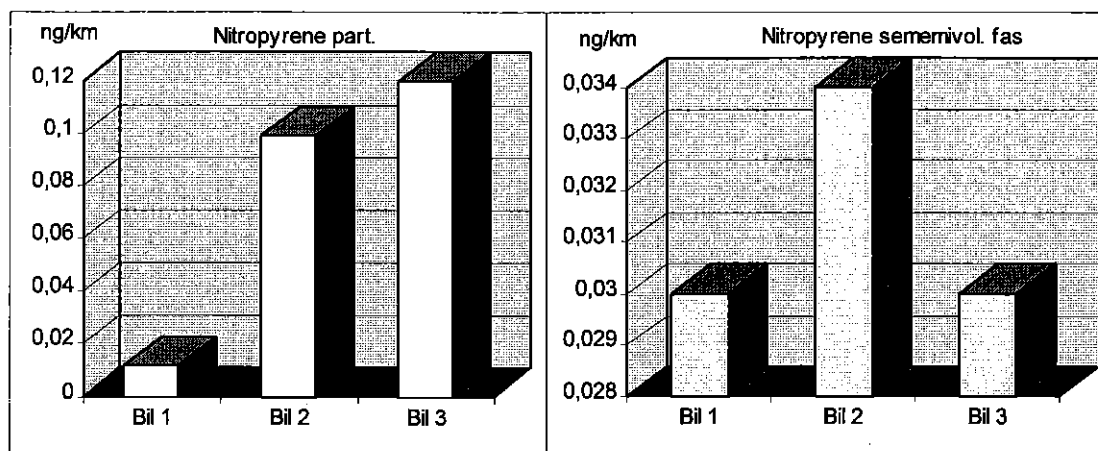
Till skillnad mot övriga icke reglerade emissionerna gav mätningarna av eten och propen inga detekterbara värden. Att det fanns detekterbara nivåer för metanol och etanol kan för åtminstone etanol bero på att etanol funnits på spädningstunnelns väggar eller i luften till tunneln och detta särskilt som utsläppsnivåerna är låga. Teknisk sprit används i olika processer och därför kan i ett fabriksområde en spridning av spritångor ge utslag vid mätningarna. Utom för Bil 3 ligger nivån för utsläppen av formaldehyd på ca 10 mg/km eller lägre vilket kan bedömas vara en låg nivå. Utsläppet av 1,3 butadien visar en mot formaldehyd omvänd tendens, dvs högre nivåer för Bil 1 och Bil 2 än för Bil 3. Skillnader i nivåer mellan fordonen är stor.

3.4 Resultat för PAC och biologiska test

Data för PAH/PAC analyser, mutagenicitetstest och TCDD receptor affinitet visas i Figur 3.4.

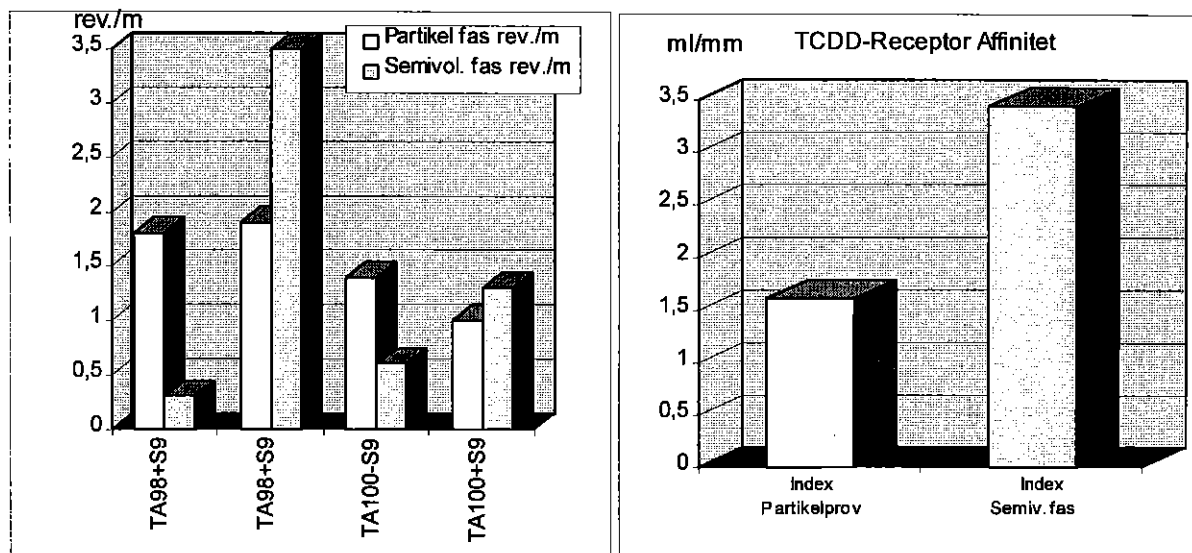


Figur 3.4a. Utsläpp av PAH (partikel- och semivolatil fas) vid prov enligt busscykel.



Figur 3.4b. Utsläpp av nitroPAH (partikel och semivolatil fas) vid prov enligt busscykel.

För utsläppen av PAH och nitroPAH gäller att nivåerna är låga. Stora variationer uppvisas.



Figur 3.4c. Mutagenicitet och TCDD receptor affinitet i avgaser vid prov enligt busscykel.

3.5 Utvärdering av biologiska test

Metodbeskrivningar för de biologiska testen återfinns i Bilaga 2.

Resultaten för mutagenicitetstest visar på låga värden för både partikel- och semivolatila fasen. Ett värde för semivolatila fasen, TA 98+S9 ligger emellertid på en högre nivå än övriga värden, dock inte på en alarmerande hög nivå. Trots att både partikelemissionen och emissionen i semivolatila fasen var sådan att mängden material var litet för de biologiska testen har signifikanta värden erhållits åtminstone för mutageniciteten.

Resultaten för TCDD receptor affiniteten anges här som index och visar på låga nivåerna för partikelfasen medan den semivolatila fasen ligger på en högre nivå. Vad detta beror på kan i viss mån utläsas hos resultat från utförda test och vid jämförelse med resultat från PAH analyser. Vissa PAH har en receptor affinitet, vilket kan vara förklaringen till att ett högre värde för TCDD receptor affinitet erhöles vid test av den semivolatila fasen. Det bör observeras att proven på de tre fordonen slogs ihop till ett prov för partikelfasen respektive semivolatila fasen p g a att det från provtagningarna erhållna materialet (extrakten) inte räckte till separata test för vart och ett av fordonen.

Det man kan peka på är att utsläppen PAH ligger på en låg nivå för partikelutsläppen och att även utsläppen av nitropyren är små och det gäller för både semivolatila och partikelfasen. För den semivolatila fasen ligger PAH betydligt högre än för partikelfasen hos alla tre bilarna och utsläppet är störst för Bil 3. Som framgår av Bilaga 6 är det endast ett fåtal enskilda PAH-föreningar som står för den samlade mängden av PAH.

Det bör påpekas att resultaten från blankproven inte har subtraherats från resultaten från partikelprovet och provet för den semivolatila fasen. Så långt en jämförelse kan göras förefaller det finnas en samvariation mellan resultaten från de biologiska testen - särskilt för TCDD receptor affinitetstestet - och utsläppen av PAH så tillvida att även TCDD affiniteten ligger, som redan påpekats, på en högre nivå för den semivolatila fasen.

4 Diskussion av och kommentarer till erhållna resultat

Vissa resultat kräver en något mer fördjupad diskussion än det som noterats i anslutning till figurerna och till mätvärden presenterade i BILAGA. För jämförelse mot resultat som Volvo specificerat i "Anbud LB 50" hänvisas till "Bild V1" i BILAGA. Utöver kommentarer givna i anslutning till figurerna lämnas i följande avsnitt.

4.1 Reglerade emissioner, bränsleförbrukning och avgastemperatur

Högre CO-värden för Bil 2:

En förklaring till de högre CO-värdena för Bil 2 både vid prov enligt 13 mode cykeln och busscykeln kan vara att motorn är inställd för något fetare bränsle-luftblandning åtminstone vid tomgång, vilket påverkar utsläppen även vid lägre varvtal och låg belastning. Det styrks i viss mån av att NO_x utsläppen tenderar att vara något större för Bil 2 än för de andra två bilarna. För en "lean burn"-motor utvecklas NO_x utsläppen i den riktningen eftersom NO_x-

halten ökar markant i ett NO_x - A/F diagram (A/F = "Air/Fuel" kg/kg), luft-bränsleförhållande, när värdet för A/F blir lägre. CO-halten däremot ökar endast långsamt, när A/F går från mager blandning mot stökiometrisk¹ blandning. Det finns ytterligare en men något osäker indikation på detta nämligen utsläppen av kolväten. Dessa ligger på en lägre nivå för Bil 2 vid prov enligt 13 mode cykeln, vilket kan tyda på att λ -värdet ligger nära gränsen för misständning för de andra två bilarna. Eftersom CO-halten helt beror på A/F är det inte lätt att finna andra förklaringar än de nämnda till de högre CO-värdena för Bil 2. Sammanfattande kommentarer ges under rubriken "Slutsatser" i ett följande stycke.

Utsläppen av HC inklusive metan och av NO_x :

Det har redan i ett tidigare avsnitt av rapporten noterats att avgasutsläppen hos de gasdrivna lastbilarna generellt sett ligger på en låg nivå med undantag för HC (metan) vid prov både enligt 13 mode cykeln för Bil 1 och särskilt vid busscykeln för Bil 2 och Bil 3. För NO_x ligger utsläppsnivån förhållandevis högt hos Bil 2 vid prov enligt busscykeln. En förklaring till de förhållandevis stora utsläppen av HC (metan) kan vara att styrningen av bränsleflödet troligen inte är den bästa under transienta motorbelastningar. En bättre matchning mellan luft och bränsleflöde skulle naturligtvis uppnås med ett system där styrningen sker med en syresensor, se även "Slutsatser".

Sammanfattningsvis kan pekas på att utsläppen ligger på en nivå som inte skiljer sig särskilt mycket från den specifikation som lämnats av Volvo för utsläppen vid prov enligt 13 mode provet, se Bilaga 3. Metanutsläppen kan troligen minskas med en katalysator, som är helt anpassad för gasdrift. Bedömningen om att katalysatorn inte är helt anpassad åtminstone för transienta körförhållanden grundas främst på att utsläppet av CO ligger på förhållandevis hög nivå vid busscykel. Att en katalysator har låg verkningsgrad för oxidation av metan är väl känt, men för oxidation av CO bör verkningsgraden kunna vara hög för en effektivt verkande katalysator.

På grund av att MTC "missade" att mäta utsläppen av metan vid 13 mode provet är det inte möjligt att klart bedöma vilken skillnad det kan vara hos resultaten med och utan metan. Med hänsyn till att skillnaden är liten vid busscykeln torde den vara liten även vid 13 mode provet.

Bränsleförbrukningen:

Utan närmare studier och analyser är det inte möjligt att förklara skillnaden i beräknad och mätt bränsleförbrukning. "Beräknad bränsleförbrukning" avser en beräkning som utförts enligt den s k "kolbalansmetoden", dvs metoden som grundas på att antalet kolatomer som tillförs motorn också kan återfinnas i avgaserna. För mätning av bränsleförbrukningen har en massflödesmätare använts.

Från MTC har meddelats att en förklaring till skillnaden mellan mätt och beräknad bränsleförbrukning kan vara, att massflödesmätaren, som användes för mätning av bränsleförbrukning, förorenades av tunga kolväten från kompressorolja i gasen. Att den hade förorenats och måste rengöras och kalibreras, konstaterades vid avmonteringen av mätaren efter provningarna.

¹ Stökiometrisk bränsle-luftblandning är en blandning av luft och bränsle som teoretiskt ger fullständig förbränning.

Uppgiften om att det fanns olja i gasen är intressant, då det kan vara en möjlig förklaring till den jämförelsevis högre nivån av PAH i semivolatila fasen, se avsnitt 3.4.

Avgastemperaturen:

Det kan vara av intresse att notera att avgastemperaturen sjunker, när avgaserna passerar katalysatorn, se Figur 3.1d. Det tyder på att katalysatorn inte når tillräckligt hög temperatur för att effektivt oxidera metan och CO. Om den metangas och CO, som finns i avgaserna, skulle oxideras borde temperaturen i katalysatorn hellre stiga än sjunka, som visas i Figur 3.1d. Tyvärr finns inga data över avgastemperaturen före och efter katalysatorn vid busscykeln, vilket omöjliggör en närmare studie av temperaturnivåer vid transient körning.

4.2 Icke reglerade emissioner

NO₂/NO_x:

Som redan påpekats ligger andelen NO₂ av NO_x på en låg nivå. Den exakta nivån för ett sammanvägt värde för prov enligt 13 mode cykeln har inte beräknats av MTC, men enligt uppgift kommer detta att ske och kan troligen redovisas i anslutning till ett av de kommande provtillfällena. Överslagsmässigt torde inte det sammanvägda värdet ligga över 0,3 g/ kWh för någon av bilarna.

Aldehyder:

Ett högsta medelvärde för formaldehyd gäller för Bil 3 och ligger på 18 mg/km. För de två övriga bilarna ligger värdena under 10 mg/km, vilket måste betraktas som ett lågt värde för utsläppen. Det kan påpekas att formaldehyd är förhållandevis lätt att oxidera i en katalysator och därför är bedömningen här att utsläppen av form- och acetaldehyd inte bör vålla några problem om inte utsläppsbilden från fordonen försämrats. Utsläppet av acetaldehyd ligger som väntat på en mycket låg nivå.

1,3 butadien

1,3 butadien har av amerikanska och kaliforniska myndigheter satts högt upp på listan över bilavgasföreningar som kan ge hälsoeffekter i form av cancer. Därför bör denna förening begränsas så långt som möjligt. Utsläppen av 1,3 butadien från de gasdrivna lastbilarna har mätts upp till 18, 20 respektive 8 mg/km. På grund av att ett gränsvärde ansatts för butadien är det inte möjligt att utan närmare studier och kontakter med forskare på hälsoeffektområdet bedöma om de nivåer som gäller för de aktuella gasdrivna fordonen ligger på en acceptabel nivå. Utsläppsnivåer mellan 10 och 20 mg/km förefaller dock inte vara anmärkningsvärt höga. Det som kan pekas på idag är att nivåerna för de gasdrivna fordonen är något högre än värden för de dieselbussar som betraktas som miljövänligare än andra dieselfordon. Erfarenheten har visat att värdena blir något högre vid FTIR-analys som i detta fall, än med annan metod, vilket vid uppföljning snarare kan visa att den mot FTIR jämförda metoden ger för låga värden.

PAH/PAC

Enligt den bedömning som kan göras idag ligger nivåerna för utsläppen av PAH/PAC så lågt att de inte bör kunna vålla några problem vid en närmare studie. Visserligen är nivån för den

semivoltila fasen högre men bidragen till utsläppen kommer i huvudsak från endast tre PAH-föreningar, fenantren, fluoranten och pyren - tre förhållandevis lätta PAH.

I samband med provtagning för analys av PAH/PAC tas ett blankprov (beskrivet tidigare i denna rapport). Vid kontakt med forskare, som utför och är ansvarig för analyser och test, har bekräftats att vid presentationen av data har hänsyn tagits till resultatet från analys och test av blankprov, men som tidigare påpekats har resultaten från blankproven inte subtraherats från resultaten från avgasproven. Anledningen till att de presenteras i tabeller är att även mottagaren av resultaten skall kunna bedöma signifikansen hos erhållna data. Blankproven utnyttjas närmast som en kontroll av att bl a spädningsluften inte förorenats.

De två biologiska testsystemen, som använts i denna undersökning, baseras var för sig på olika biologiska slutpunkter. Med Salmonella testet (Ames test) är det en DNA-skada som leder till mutationer. Testet utvecklades primärt som ett korttidstest för potentiella carcinogener. Med testsystemet detekteras genotoxiska carcinogener och data visar på en korrelation mellan genotoxiska carcinogener och cancer hos gnagare, särskilt "universiella" carcinogener, dvs carcinogener aktiva i olika djurarter och vävnader. Trots att inte alla carcinogener kan detekteras med detta test eller med något annat korttidstest, visar en reproducerbar mutagenicitet alltid på, att testad komponent eller blandningar av komponenter har mutagena egenskaper.

Utifrån utförda analyser av dieselavgaser har det visats, att den uppmätta mutageniciteten i Ames test korrelerar med PAH, vilket indikerar att genotoxiciteten hos avgasprov sannolikt är relaterad till bl a PAH derivat i avgasprovet (Li et al., 1993).

I testet benämnt "dioxin receptor binding assay" (TCDD receptor affinitet test) konkurrerar föreningar i det testade avgasprovet med TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin) för att binda till dioxin eller en *Ah*-receptor. Denna receptor binder olika typer av "Xenobiotika" exempelvis klorerade dioxiner, dibensofuraner och bifenyler. Även olika PAH har en affinitet till receptorn. Många av de påvisade effekterna hos de klorerade föreningarna, som korrelerar med affiniteten och som binder till receptorn, betraktas som ett initialt steg i den toxiska processen. "Quantitative structure activity relationship" (QSAR) analyser av PAH-strukturer har visat på att en korrelation avseende strukturella krav för bindning till *Ah*-receptorn och carcinogenocitet hos gnagare samvarierar (Rannug et al., 1991).

Mutagenicitet

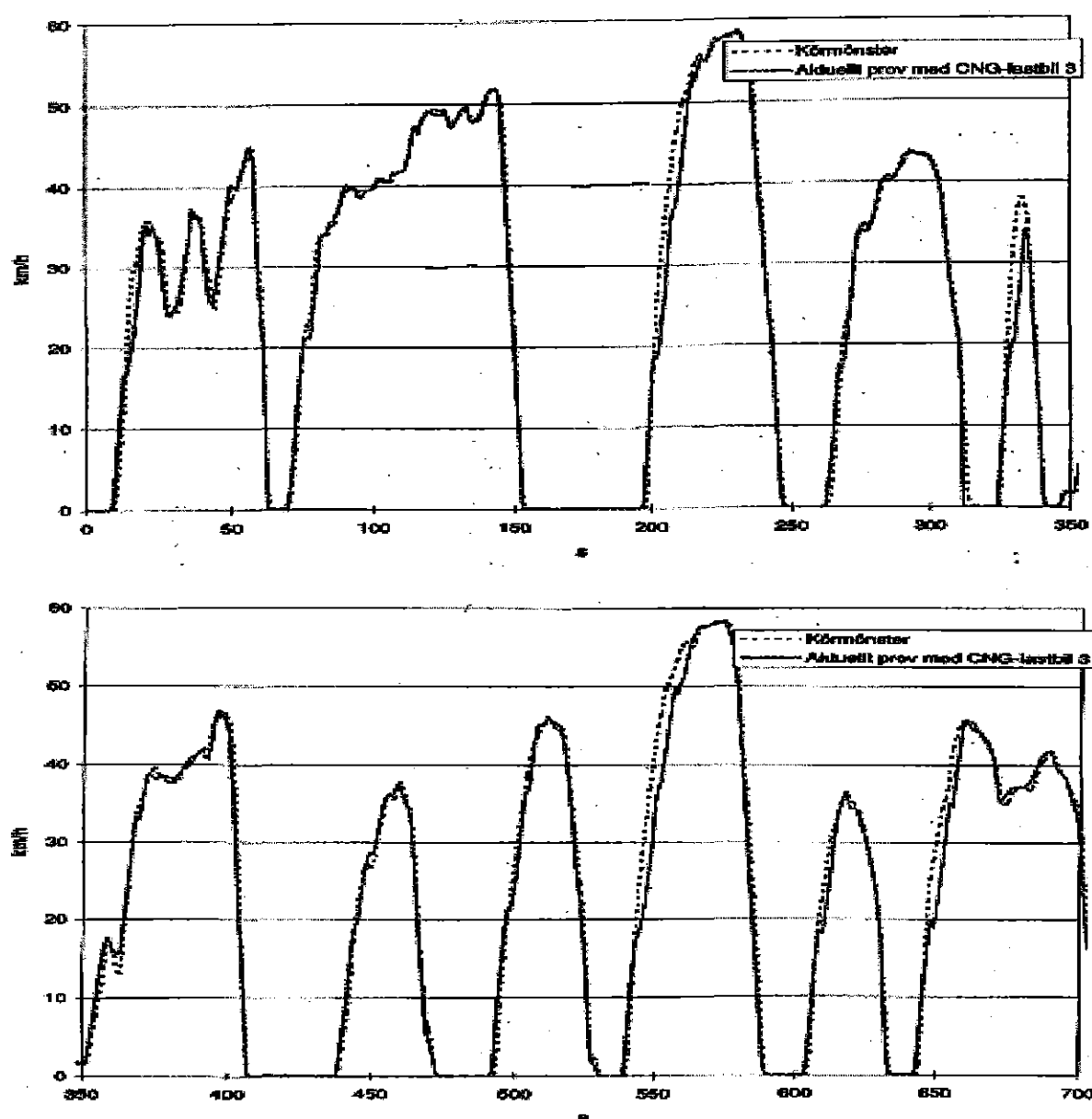
Jämfört med värden som erhållits vid test av avgaser från miljövänligare dieselfordon ligger värdena lågt och därför är bedömningen att de nu för lastbilarna erhållna värdena inte bör kunna betraktas som höga.

TCDD receptor affinitet:

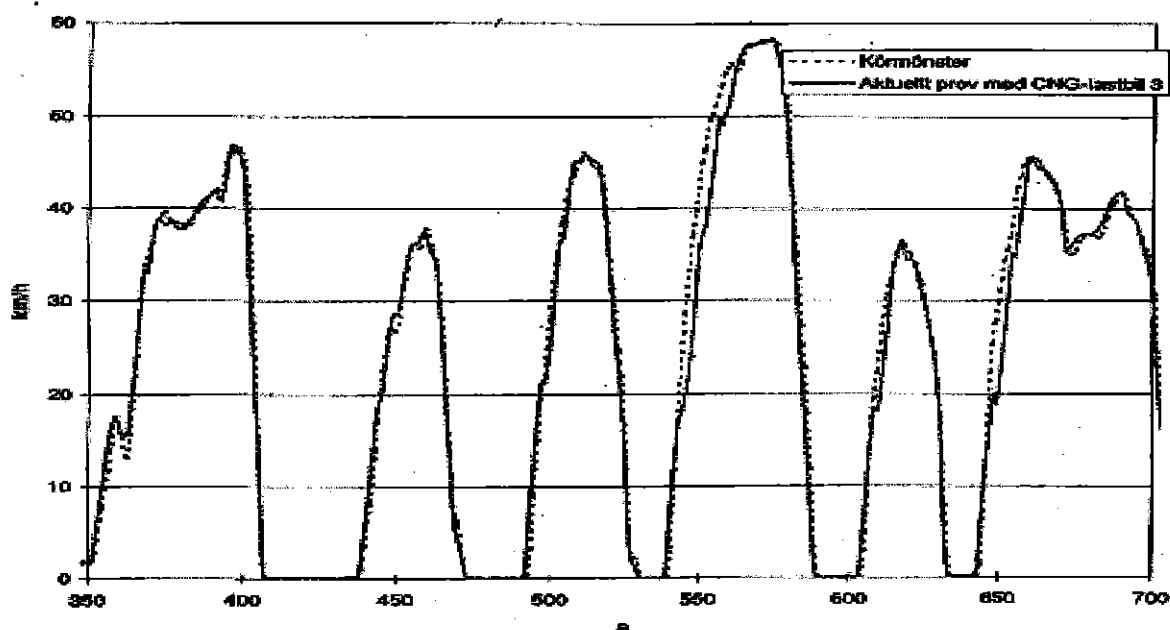
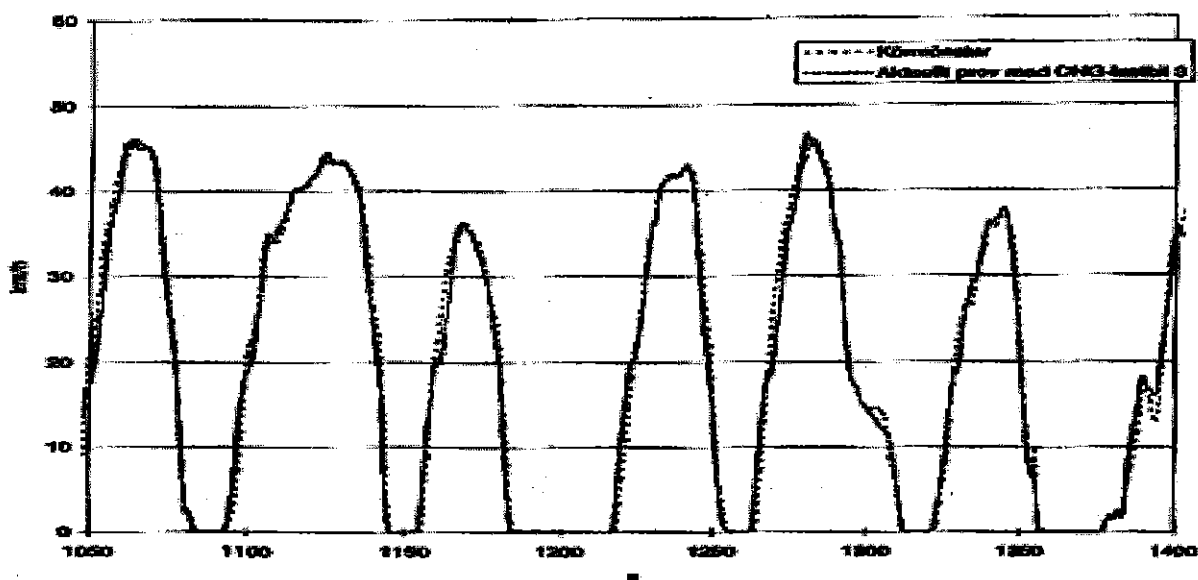
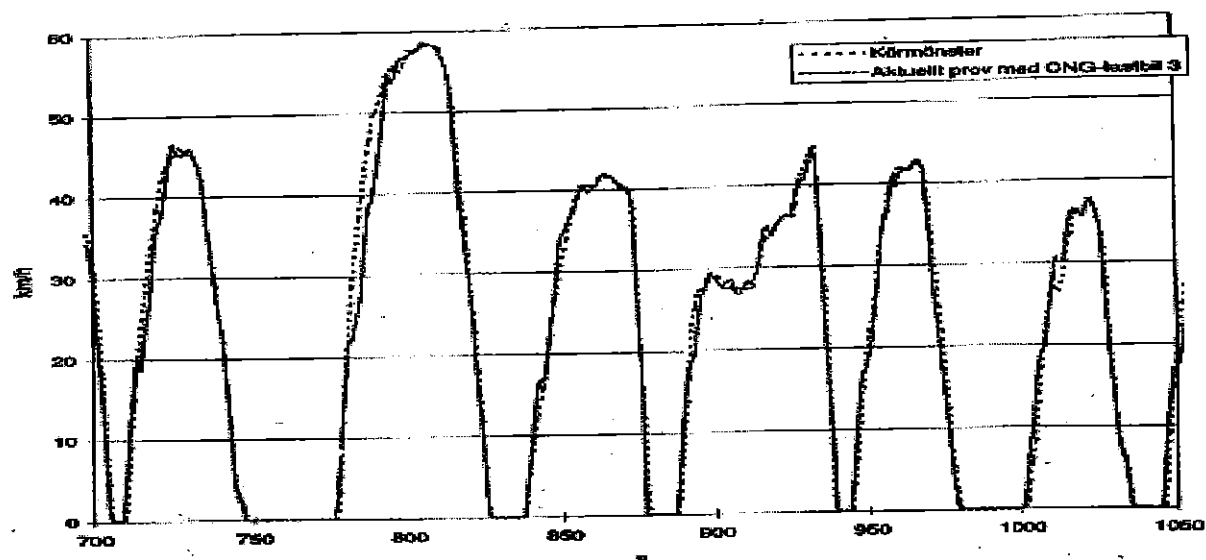
Presenterade värden gäller inte IC₅₀-värden utan ett index som beräknats som 1/IC₅₀. Bedömningen för erhållna värden är densamma som för mutageniciteten. Dock finns en osäkerhet vad gäller värdena för den semivolatila fasen. Osäkerheten gäller närmast huruvida föroreningar av olja i bränslet kan ha bidragit till det jämfört med värdet för partikelfasen högre värdet för semivolatila fasen.

4.3 Möjligheten att följa körcykeln under provet:

Möjligheten att följa körcykeln visas i nedanstående figur, Figur 4.1. Därav framgår att en liten eftersläpning sker vid accelerationer. Som framgår av Figur 4.1 a-c har det inte varit några stora problem att följa busscykeln vid provtagningarna. Busscykeln karakteriseras av upprepade accelerationer och retardationer. Vissa av accelerationerna kräver ett förhållandevis motorstarkt fordon för att kunna följas.



Figur 4.1a Körmönster vid prov kontra mönster för busscykel.



Figur 4.1b. Körmönster vid prov kontra teoretiskt mönster för busscykel

4.4 Slutsatser

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

1. Helhetsintrycket från emissionsmätningarna är att flera positiva resultat har vunnits. Som särskilt positivt är de små utsläppen av partiklar, eten, propen PAH/PAC och i viss mån form- och acetaldehyd och möjligen även 1,3 butadien.
2. Av resultaten från mätning av de reglerade emissionerna vid busscykel att döma finns sådana variationer från fordon till fordon, att slutsatsen bör kunna dras, att det fanns en skillnad i inställning av bränsletillförseln till motorn för de tre fordonen. I en tabell i Bilaga 6 presenteras de enskilda mätvärdena för reglerade emissioner och i tabellen visas även spridningen inom mätserier med tre prov vid busscykel i form av standardavvikelse (för prov vid 13 mode cykel kan inte standardavvikelse beräknas p g a att endast två prov utfördes på var och en av bilarna). Programmet för emissionsmätningarna var av kostnadsskäl inte så omfattande att det går att avgöra om spridningen hos mätdata beror på osäkerhet hos mätmetoden eller på fordonen. Det förefaller dock vara ganska klart att det för åtminstone för utsläppen av CO finnas ett fordonsberoende, eftersom lägsta medelvärde är 0,18 g/km och högsta medelvärde 3,0 g/km, dvs en skillnad på 2,82 g/km. Å andra sidan har emellertid enligt uppgift från Volvo motorerna till fordonen inom LB 50 projektet ställts in efter samma specifikation, varför variationer från fordon till fordon bör betraktas ligga inom den "normala" toleransen. Till bedömningen resultaten från mätningarna bör också läggas att bl a styrenheten för reglering av bränsleflödet till motorn byttes hos alla tre fordonen av tekniker från Volvo och VolvoTurbine. Den åtgärden utfördes efter att fordonen anlät till MTC men före emissionsmätningarna.
3. Volvo har specificerat att utsläppen i g/kWh skall ligga på högst nivån 0,3 g/kWh för CO, 1,1 g/kWh för HC och 2,0 g/kWh för NO_x vid 13 mode prov. Volvo har valt "lean burn"-tekniken för de aktuella lastbilarna. För att klara en NO_x-gräns på 2 g/kWh krävs att styrsystemet kalibreras för en långtgående utmagring av motorn. Om motorn inte "tål" denna utmagring visar sig detta i en hög kolvätehalt p g a misständningar, vilket kan ge olika problem som bl a försämrade körbarhet och högre bränsleförbrukning. Å andra sidan kommer en inställning av motorn, som ger en något mindre utmagring, leda till ökat utsläpp av CO och NO_x, vilket visat sig hos resultaten från emissionsmätningarna. *Det bör dock framhållas att CO ligger väl under gränsen för det av Volvo specificerade värdet vid prov enligt 13 mode cykeln. Några problem med körbarheten har inte noterats enligt uppgift från MTC.*
4. Katalysatorn är inte tillräckligt väl optimerad för att klara en fullständig oxidation av koloxid och metan. En bättre optimerad katalysator bör användas.
5. Av resultaten kan slutsatsen dras att fordonen väl kan följa det givna körmöstret.
6. Det är först vid kommande provomgång som ett definitivt svar kan ges huruvida fordonen kan klara HC- och NO_x-specifikationen. Utsläppen av partiklar och NO₂ ligger väl under de av Volvo specificerade värdena.
7. Icke reglerade emissioner ligger generellt sett på en förhållandevis låg nivå.

Referenser

Eftersom ingen särskild genomgång av en stor del av den refererade litteraturen har gjorts i rapporten hänvisas den för noggrannare studier av utveckling och användning av gasformiga bränslen intresserade läsaren att själv studera den litteratur som tagits upp. För referenser som markerats med * finns hänvisning i rapporten.

Cattelan, A. And Wallace, J., (1995). Exhaust Emission and Energy Consumption Effects from Hydrogen Supplementation of Natural Gas. SAE paper 952497.

Clark, N.N. et al., (1995). Effect of Fuel Composition on the Operation of a lean Burn Natural Gas Engine. SAE paper 952550.

Crawford, J.G. and Wallace, J.S., (1995). Engine Operation Parameter Effects on Speciated Aldehyde Emissions from a Natural Gas Fuelled Engine.

Daisho, Y. Et al., (1995). Controlling Combustion and Exhaust Emissions in a Direct-Injection Diesel Engine Dual-Fueled With Natural Gas. SAE paper 952436.

*Egebäck K-E. och Westerholm R., (1996) Provmetoder och Emissioner vid användning av alternativa motorbränslen.

*Hedbom, A. (1996). Personlig kontakt om utvecklingen av de nya körmönstren. (MTC).

Hodgeson, J.W., Luton E.N. and Lampley, S.R., (1995). Development of a Dedicated CNG Compact Car. SAE paper 952439.

Howes P. And Rideout, G., (1995). Evaluations of Current Natural Gas Vehicle Technology Exhaust Emissions at Various Operating Temperatures. SAE paper 952437.

*Li H., Sjögren M., Rannug U. and Westerholm R. (1993). The relationship between PAH emissions and mutagenicity. A multivariate analysis of diesel particulates. in Polycyclic Aromatic Compounds, Synthesis, Properties, Analytical Measurements, Occurrence and Biological effects. PAH XIII Edited by: Garrigues P. and Lamotte M., Gordon and Breach Science Publishers, 647-654.

Maron D. M. and Ames B. N. (1983) Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. Mut. Res. 113, 173-215.

Naeme, G.R. et al., (1995). Improving the Fuel Economy of Stoichiometrically Fuelled S.I. Engines by Means of EGR and Enhanced Ignition - A Comparison of Gasoline, Methanol and Natural Gas. SAE paper 952376.

Newkirk, M.S. and Bass, E.A., (1995). Reactivity Comparison of Exhaust Emissions from Heavy-Duty Engines Operating on Gasoline, Diesel, and Alternative fuels. SAE paper 952442.

Pandit, G.P., (1995). The Rule of Alternative Fuels in the New Generation of Vehicles. SAE paper 952379.

Poellinger L., Lund J., Dahlberg E. and Gustafsson J.-Å. (1985). A hydroxylapatite microassay for receptor binding of 2,3,7,8- tetrachlorodibenzo-p-dioxin and 3-methylcholanthrene in various target tissues. *Anal. Biochem.* 144, 371-384.

Quigg D. and Rey R. (1995) Summary of a Large Scale Procurement of Compressed Natural Gas Busses and Integration into an Existing Diesel Fleet. SAE-Paper 951965, SAE Technical Paper Series, Warrendale, USA.

*Rannug U., Sjögren M., Rannug A., Gillner M., Toftgård R., Gustafsson J.-Å, Rosenkrantz H. and Klopman G. (1991). Use of Artificial Intelligence in Structure-Affinity Correlations of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin TCDD Receptor Ligands. *Carcinogenesis*, Vol. 12 No. 11, 2007-2015.

*Rodt, S. (1993). Personlig kontakt om utvecklingen av de nya körmönstren. Umwelt Bundes Amt, Berlin.

*SNFS (1991: 11). Statens naturvårdsverks författningssamling: SNFS 1991: 11 MS: 40. Kungörelse med föreskrifter om avgasrening för dieseldrivna motorer till vissa bilar. A 30-Regulation. Miljöskydd. ISSN 0347-5301.

*SNFS (1994: 12). Statens naturvårdsverks författningssamling: SNFS 1994:12MS: 40. Kungörelse om ändring i kungörelsen (SNFS 1991:11) med föreskrifter om avgasrening för dieseldrivna motorer till vissa bilar. SNFS 1994:12, MS:80. Miljöskydd. ISSN 0347-5301.

Stewart, S. Gourley, D. And Loo, S., (1995) Correcting Emissions Problems in Existing Propane and Natural Gas Vehicles in British Columbia. SAE paper 952380.

*Toftgård R., Löfroth G., Carlstedt-Duke J., Kurl R. and Gustafsson J.-Å. (1983) Compounds in urban air compete with 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin for binding to the receptor protein. *Chem.-Biol. Interact.* 46, 335-346.

Umwelt Bundes Amt, (1996). HDV 2000. Requirement, Technical Feasibility and Costs of Exhaust Emission Standards for Heavy Duty Vehicle Engines for the Year 2000 in the European Community. Federal Environmental Agency, Berlin.

Varde K. and Bohr T. (1993) MHC and Other Conversions In A Natural Gas Fueled Engine. SAE-Paper 931632, SAE Technical Paper Series, Warrendale, USA.

Varde, K.S., Patro, N. And Drouillard, K., (1995). Sean Burn Natural Gas Fueled S.I. Engine

B I L A G O R

Bilaga 1

**PROGRAM FÖR MÄTNING AV EMISSIONER M M FRÅN TUNGA
NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB50-PROJEKTET**

Bilaga 2

BIOLOGISKA TEST

Bilaga 3

SPECIFIKATIONER FRÅN VOLVO

Bilaga 4

SEX BLAD MED MÄTVÄRDEN FRÅN PROV ENLIGT 13 MODE CYKEL

Bilaga 5

ETT BLAD MED MÄTVÄRDEN FRÅN PROV ENLIGT BUSSCYKEL

Bilaga 6

ETT BLAD MED MÄTVÄRDEN FRÅN PAH ANALYSER

Bilaga 7

ETT BLAD MED VÄRDEN FRÅN BIOLOGISKA TEST

BILAGA 1

PROGRAM FÖR MÄTNING AV EMISSIONER M M FRÅN TUNGA NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB50-PROJEKTET

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
<i>1 Inledning</i>	1
<i>2 Förutsättningar</i>	1
Fordonstyp	1
Motorinprovning	1
Mätinstrument och mätprinciper	2
Chassidynamometer	2
Transport av fordon till och från leverantören	2
Provbränsle	2
<i>3 Omfattning, tidplan, rapportering</i>	3
Antal fordon och antal mättillfällen	3
Tidplan	3
<i>4 Emissionsmätningar</i>	3
Allmänt	3
Emissionsmätningar, konstant belastningscykel - 13 mode cykel	4
Emissionsmätningar, transient belastningscykel - busscykel	4
Mätschema	
<i>5 Provtagnings- och analysmetoder</i>	5
<i>6 Speciell undersökning omfattande analys av polycykliska aromatiska föreningar i kombination med biologisk karakterisering av avgaserna</i>	5
<i>7 Beräkning av utsläpp</i>	6
<i>8 Redovisning av mätresultaten</i>	6
<i>9 Former för provningarnas genomförande</i>	6

PROGRAM FÖR MÄTNING AV EMISSIONER M M FRÅN TUNGA
NATURGASDRIVNA LASTBILAR INOM LB50-PROJEKTET

1. Inledning

Beskrivning av LB50-projektet i sin helhet redovisas i separat dokument.

Detta program specificerar de åtgärder och mätningar i laboratoriemiljö som erfordras för att man med acceptabel noggrannhet skall kunna framkalla de emissioner som uppstår i den verkliga trafikmiljön.

Fordonen skall köras på en chassidynamometer och emissionsmätningarna omfattar både konstantbelastningscykel och transient körcykel. Avgasprover tas för analys av såväl reglerade som icke reglerade avgaskomponenter.

En speciell undersökning skall även utföras omfattande analys av polycykliska aromatiska föreningar (PAC) i kombination med biologisk karakterisering av avgaserna.

Emissionsmätningarna skall genomföras på sådant sätt och med samma mätmetoder att jämförelse kan göras med motsvarande mätresultat erhållna på liknande fordon drivna med diesel, etanol, och RME (Rapsmetylester).

Emissionsmätningarna skall genomföras vid ett avgaslaboratorium med tidigare erfarenheter av motsvarande mätningar. Avgaslaboratoriet benämns i den följande texten som leverantören.

2. Förutsättningar

Fordonstyp

Basspecifikationen för fordonen redovisas i separat dokument.

Fordonstypen som skall provas är Volvo FL 10 4x2 med en 9.6-liters motor i naturgasutförande, lean-burn, med en maximal totalvikt på ca 20 ton. För emissionsmätningarna enligt transientcykeln skall en referensvikt bestämmas, som motsvarar fordonens tjänstevikt plus last vid normal användning. Vid bestämning av referensvikten skall hänsyn tas till hur den bestämts för fordon som genomgått motsvarande provning men med andra drivmedel. Relevant fordonsvikt bestäms i samråd med beställaren.

Fordonen kommer att vara utrustade så att de kan kopplas in för provtagning i avgaserna, mätning av bränsleförbrukning samt temperaturer nödvändiga för mätningarnas genomförande samt för utvärdering av emissionsdata och motorsystemets funktion. Mätlaboratoriet skall koordinera provuttagsutformningen med fordonsleverantören.

Övriga krav på fordonen skall anges av leverantören vid anbudstillfället.

Motorinprovning

Motorn är utvecklad av Volvo enligt de kriterier som specificerats av LB50-projektet samt av NUTEK, som en förutsättning för finansiellt stöd till projektet.

För den aktuella motorn har NUTEK formulerat följande minkrav:

NO _x	NO ₂	THC	NMHC	CO	Part.	CO ₂ ekv.
2.0	0.5	1.1	0.20	0.30	0.05	som diesel

Ovanstående avgasemissioner enligt A30-Regulation i gr/kWh.

Volvo svarar för att aktuell motor godkänns av NUTEK före första leverans. Mätresultat från denna inprovning kommer att föreligga vid provning enligt detta program.

Mätinstrument och mätprinciper

Leverantören skall vid anbudstillfället redovisa vilka typer av mätinstrument som kommer att användas vid de olika provningarna. Mätinstrumenten skall vara kalibrerade enligt vedertagna principer. Kalibreringsresultaten skall vara tillgängliga för beställarens kontroll. Vid anbudstillfället skall leverantören vidare redovisa principerna för hur verifiering av noggrannheten hos resultaten från utförda mätningar kommer att utföras.

För mätningarna gäller att de skall utföras enligt standardiserade metoder för reglerade föroreningskomponenter och enligt vedertagna rutiner för icke reglerade föroreningskomponenter. Vid anbudstillfället skall laboratoriet redovisa principerna för hur mätning av icke reglerade föroreningskomponenter.

Då mätresultaten skall användas för att bedöma utvecklingen av de aktuella bränsle/motoralternativen men även för att uppskatta utfallet ur hälso- och miljösynpunkt bör stor vikt läggas vid att mätningarna utförs på ett ingenjörsmässigt riktigt sätt med hänsyn till standards och vedertagna rutiner. Mätdata skall presenteras av leverantören i sådan form att beräkning av emissionsnivåer kan utföras på önskat sätt, se punkt 8.

Chassidynamometern

Chassidynamometern skall kunna ställas in och vara inställd så att motorbelastning och körmotstånd, vid prov enligt transient körcykel, blir jämförbar med körning på jämn och torr körbana. Körmotstånd bestäms enligt vedertagna rutiner i SNFS 1987:3 MS:8, A-12 Regulation. Vid provet skall fordonets massa kunna simuleras genom inkoppling av svängmassor, som motsvarar referensvikten för fordonen. Alternativt kan fordonets massa simuleras, t e x genom en kombination av en svängmassa och elektrisk simulering eller på annat sätt efter överenskommelse med beställaren. Vid prov enligt konstantbelastningscykeln skall vid beräkningarna använda värden på motorvarvtal och uppmätt eller beräknad effektförlust i fordonets drivlina anges.

Exempel på metoder för att beräkna fordonens förluster i drivlinan, som om de används rätt, kan ge acceptabla resultat, är jämförelser mot resultat från mätningar på motor

(bränsleförbrukning och avgasutsläpp) och s k "cost-down"-prov, nerrullningsprov, på väg enligt en metod beskriven i A-12 Regulation, som dock gäller lätta fordon.

Det ankommer på mätlaboratoriet att välja metoder för kalibrering av avgasanalysator, chassidynamometer och annan utrustning, som erfarenhetsmässigt visat sig ge trovärdiga och noggranna resultat.

Transport av fordon till och från leverantören

Beställaren svarar för lastning och transport av fordonen till och från leverantören.

Provbränsle

Fordonen är tankade med naturgas då de anländer till leverantören. Leverantören svarar för rekvisition av ny naturgas, via beställaren, om tankinnehållet ej skulle räcka för provens genomförande.

Tankinnehållet motsvarar i normalfallet c:a 100 Nm³ naturgas eller c:a 80 kg naturgas.

Beställaren svarar för erforderliga analyser av provbränslet. Typvärden redovisas i separat dokument.

3. Omfattning, tidplan, rapportering

Antal fordon och antal mättillfällen

Antalet fordon på vilka mätningar skall ske samt mättillfällen redovisas nedan.

Mättillfälle 0-M0	Mätning på en fabriksny naturgasdriven Volvo FL 10 4x2
Mättillfälle 1-M1	Mätning på tre fabriksnya naturgasdrivna Volvo FL 10 4x2
Mättillfälle 2-M2	Mätning på ovanstående 3 fordon efter ca ett års drift.
Mättillfälle 3-M3	Mätning på samma tre fordon enligt ovan efter ca två års drift.

Vid mättillfälle M0 utförs mätningarna på ett fordon vars motoremissioner enligt A30-Regulation är kända.

Tidplan

M0	v18 - v19 1995
M1	oktober 1995
M2	oktober 1996
M3	oktober 1997

Ovanstående tidplan tjänar som riktlinje för emissionsutvärderingsprogrammet och förutsätter att inga avgörande förändringar görs av motorkonstruktionen efter det att M1 genomförts 1995.

4 Emissionsmätningar

Allmänt

För mätningar vid konstanta belastningar används **13 mode-cykeln** enligt A30-Regulation. Vid transienta mätningar används den s k Braunsweig-cykeln (Stochasticher Fahrzyklus für Stadtlinien Omnebusse), fortsättningsvis kallad **busscykeln**.

Vid 13-mode prov mäts temperaturen på insugningsluften vid inloppet till motorn (efter turbokompressorn respektive eventuell laddluftkylare) och i avgaserna (i avgasledningen nära turbinen och i fallet med katalysator, före och efter katalysatorn). I fallet med katalysator mäts tryckfallet över katalysatorn. I övrigt mäts alla motor- och andra parametrar som krävs för provets genomförande (enligt SNFS 1991:11 MS: 40 A30-Regulation och US Federal Register No 40 parts 81 to 99).

Bränsleförbrukningen mäts vid alla prov och anges i g/kWh för det sammanvägda värdet och i kg/h för de olika stegen vid prov enligt 13 mode cykeln. Vid prov enligt busscykeln anges bränsleförbrukningen i g/km. Den verkliga körsträckan vid detta prov skall anges.

Nedanstående provningsomfattning skall användas som utgångspunkt vid anbudsgivningen. Erhållna provningsresultat kan innebära förändringar i provningsomfattningen. Kostnadsförändringar, med anledning av sådana förändringar, anges i anbudsformuläret. För att underlätta avrop anges kostnaden för mätning av partiklar vid prov enligt 13 mode cykeln separat liksom för komponentparen eten/propen respektive formaldehyd/acetaldehyd och för 1,3 butadien vid busscykelprov.

Dessutom skall kostnaden för provtagning för PAC-analyser respektive för biologiska test anges separat. Förslagsvis kan provtagning för dessa analyser respektive test tas vid M1 eller M2 och tas vid fall med biologiska test på alla tre lastbilarna så att de 9 filterproven respektive PUFF-proven kan "poolas" I fallet med endast PAC-analyser krävs en mindre mängd filterprov respektive PUFF-prov.

Emissionsmätningar, konstant belastningscykel - 13 mode cykel

Provtagning och analys skall ske av nedanstående uppräknade komponenter. Vid varje måttillfälle utförs en mätserie bestående av två jämförbara provtagningar och analyser på varje fordon.

Emissionsmätningar, transient belastningscykel - busscykel

Provtagning och analys skall ske av nedanstående uppräknade komponenter. Vid varje måttillfälle utförs en mätserie bestående av tre jämförbara provtagningar och analyser på varje fordon.

Mätschema

Måttillfälle M0 - v18 - v19 1995

Cykel Maxantal HC CO CO₂ NO_x Part. CH₄ Eten Propen Form och 1,3 buta-

	Fordon				NO ₂					acetaldehyd	dien
13-mode	1	x	x	x	x ¹	(x)	x				
Buss	1	x	x	x	x ²	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)

Måttillfälle M1 - oktober 1995

Cykel	Maxantal Fordon	HC	CO	CO ₂	NO _x NO ₂	Part.	CH ₄	Eten	Propen	Form och acetaldehyd	1,3 buta- dien
13-mode	3	x	x	x	x ¹	(x)	x				
Buss	3	x	x	x	x ²	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)

Måttillfälle M2 - oktober 1996

Cykel	Maxantal Fordon	HC	CO	CO ₂	NO _x NO ₂	Part.	CH ₄	Eten	Propen	Form och acetaldehyd	1,3 buta- dien
13-mode	3	x	x	x	x ¹	(x)	x				
Buss	3	x	x	x	x ²	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)

Måttillfälle M3 - oktober 1997

Cykel	Maxantal Fordon	HC	CO	CO ₂	NO _x NO ₂	Part.	CH ₄	Eten	Propen	Form och acetaldehyd	1,3 buta- dien
13-mode	3	x	x	x	x ¹	(x)	x				
Buss	3	x	x	x	x ²	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)

¹ NO₂ som skillnaden mellan NO_x och NO

² Endast NO_x redovisas

^x = Ordinarie provning ingående i mätserie

(x) = Tillval, kostnad anges separat

5. Provtagnings- och analysmetoder

Provtagning och analys av reglerade föroreningar skall ske enligt A30-Regulation. För icke reglerade föroreningar skall sådana metoder användas som har provats ut och finns beskrivna i litteraturen på området t ex naturvårdsverkets rapport, SNV PM 1635. Ett krav är att uppvärmda provtagningsledningar skall användas vid provtagning för analys av aldehyder. Vid busscykel-prov skall prov tas i med luft spädda avgaser och vid prov enligt 13 mode cykel i icke spädda avgaser.

Vid standardiserat avgasprov används följande analysmetoder och analysinstrument för de olika komponenterna.

- kolväten (HC) : FID-Flame Ionisation Detector
- koloxid och koldioxid (CO och CO₂) : NDIR-Non Dispersive Infrared Analyser
- kväveoxider (NO/NO_x) : Chemiluminiscens

För övriga komponenter skall vedertagna analysmetoder, t ex GC-Gas Chromatograph (med FID och ECD, Electro Capture Detector) respektive HPLC-High Pressure Liquid Chromatographie användas.

Vid mätning enligt transient körcykel, busscykeln, skall i överensstämmelse med den standardiserade metoden HC-halten fortlöpande integreras över körcykeln.

Mätlaboratoriet skall ange vilka metoder och rutiner som kommer att användas för provtagning, analys och beräkning av resultaten.

6. Speciell undersökning omfattande analys av polycykliska aromatiska föreningar i kombination med biologisk karakterisering av avgaserna

Biologisk karakterisering av avgaserna kräver även analys av polycykliska aromatiska föreningar (PAC) vilken föreslås bli utförd enligt följande modell:

- * Fordonen väljs ut för provtagning enligt de rutiner som normalt tillämpas för PAC-analyser i kombination med biologiska test. Alternativt utförs endast PAC-analysen.
- * Prov tas för analys och test av extrakt från både partikel- och semivolatil fas.
- * Provtagningarna upprepas tills en för de biologiska testen tillräckligt stor provmängd erhållits.
- * Bearbetning av prover, analyser och test utförs enligt kända och väl etablerade metoder.
- * Av biologiska test utförs mutagenitetstest (test Salmonella typhimurium enligt Ames) och TCDD-receptor affinitetstest.

- * Resultaten anges för PAC i massa per km, för mutagenicitetstest i revertanter per meter körsträcka och för TCDD-receptor affinitetstest i EC50-värden per meter körsträcka för både partikelfas och semivolatil fas.

PAC-analyser respektive biologiska test kommer att utföras under särskilt avtal för att få möjlighet att senare bestämma omfattningen.

7. Beräkning av utsläpp

Eftersom bränslets sammansättning inte överensstämmer med det dieselbränsle som specificerats för prov enligt A30-föreskriften skall utsläppet för jämförelser beräknas både enligt naturvårdsverkets A30-föreskrift (13 mode prov) och med hänsyn till det använda bränslets sammansättning (kol/väteförhållandet för naturgas skiljer sig från kol/väte-örhållandet för dieselbränslet som i A30 angetts till 1/1,85).

Resultaten från prov enligt busscykeln skall anges på motsvarande sätt men i det fallet hänvisas till US Federal Register No 40 Part 81 to 99 alternativt till A12-Regulation för att få viss vägledning för hur utsläppen skall beräknas. Se för övrigt det som angetts under punkten "Provtagnings- och analysmetoder".

8. Redovisning av mätresultaten

Mätresultaten för de reglerade avgaskkomponenterna CO, HC, NO_x och partiklar samt CO₂, NO₂ och CH₄ redovisas skriftligen senast 10 kalenderdagar efter att mätningarna för det aktuella fordonet avslutats. Mätresultaten för de icke reglerade avgaskkomponenterna redovisas på motsvarande sätt senast 30 kalenderdagar efter att mätningarna på fordonet avslutats.

Generellt gäller att såväl enskilda som sammanvägda mätresultat skall redovisas. I detta mätprogram ingår ej att utvärdera mätresultaten utan endast lämna sådana uppgifter att en utvärdering blir möjlig att utföra.

För busscykel anges resultaten i massa per kilometer körd vägsträcka under provtagningen. Den verkliga (på chassidynamometern registrerade) vägsträckan anges liksom bränsleförbrukningen.

För 13 mode-cykel anges resultaten i g/kWh. Dessutom anges mängden utsläpp för varje steg av 13 mode cykeln i massa per timme. Även motoreffekt och varvtal samt bränsleförbrukning skall anges dels som viktat summavärde oav för varje steg av cykeln.

I A30-föreskriften finns i Annex - Appendix 4 under punkt 4 en metod beskriven för datavalidering: **Carbon mass balance for data validation**. Resultat från utförd validering av 13 mode resultat skall presenteras för varje prov.

Data för identifiering av fordonet, dess mätarställning vid tidpunkten för mätningen och datum skall ingå i rapporten för mätningen. Dessutom skall noteringar lämnas för sådana händelser under mätningarna, som bedöms värdefulla att rapportera och att använda vid bedömningen av mätresultaten.

Resultat presenterade enligt med beställaren överenskommen uppställning redovisas dels i protokoll ingående i delrapporter eller slutrapport och dels på diskett i EXCEL-filer till beställaren.

9. Former för provningarnas genomförande

Leverantören skall vid anbudstillfället ange hur lång tid i förväg beställaren måste avropa provningen av varje enskilt fordon. I princip kommer maximalt 10 st separata avrop att göras. I samband med avropet, som kan ske skriftligt anger beställaren vilka komponenter utöver basprogrammet, som skall analyseras. Vidare skall anges vilken tid som behöver disponeras för varje enskilt fordon och vad som för övrigt kan komma att gälla för fordonet och dess överlämnande till laboratoriet.

Då fordonen kommer att transporteras från Malmö och Göteborg är det av speciell vikt att avlämning samt hämtning kan samordnas för att nedbringa transportkostnaderna.

Under provningarna skall beställaren eller dennes representant beredas fritt tillträde till mätanläggningarna samt full insyn i arbetet kopplat till detta projekt.

Mutagenicity testing

Mutagenicity tests were carried out using *Salmonella typhimurium* strains TA98, and TA100, essentially according to Maron and Ames (1983). A slight modification employed here was addition of histidine and biotin to the minimal medium, instead of to the soft agar. A liver preparation (S9) from Arochlor-treated male Sprague-Dawley rat of 50 µL per plate was used as the metabolizing system.

The crude extract of the particulate phase was tested in three concentrations corresponding to driving distances of 1.5, 2.9 and 5.9 meters. All acetone extracts were evaporated to near dryness under nitrogen and then diluted with dimethyl sulfoxide to known volumes and tested for mutagenicity. The volumes of each sample added to the soft agar were 25 µL for crude extract, 50 µL for individual fractions and 100 µL for the mixture of fractions.

Assay for binding to the dioxin receptor

The crude extracts were assayed for relative binding affinity for the dioxin receptor. 2,3,7,8-tetrachloro[1,6-³H]dibenzo-*p*-dioxin ([³H]TCDD) and 2,3,7,8-tetrachloro- dibenzofuran were purchased from Chemsyn Science Laboratories (Lenexa, KS) and hydroxylapatite (HAP) from Bio-Rad Laboratories (Richmond, Ca). All other reagents were of analytical grade and obtained from standard commercial sources.

The binding of samples to the dioxin receptors was measured using an HAP adsorption assay developed by Poellinger and co-workers (Poellinger et al., 1985) and described in full detail elsewhere (Toftgård et al., 1983). Briefly, rat liver cytosol (a good source of dioxin receptor) was incubated with [³H]TCDD and then added to a suspension of HAP. The proteins adsorbed were then separated from the medium by centrifugation. Pelleted material was washed with 75 mM phosphate buffer. Receptor-ligand complexes were then removed from the HAP by washing with 175 mM phosphate buffer.

Aliquots were taken prior to incubation with HAP in order to determine the total radioactivity added. Specific binding was determined as the difference in the level of protein-bound ligand in the absence and presence of a 200-fold molar excess of unlabelled 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran (which is used as a competitive inhibitor, because it has an affinity for the receptor which is similar to that of TCDD, but is much more soluble in aqueous media). These competition experiments were performed with increasing concentrations of the

sample and a standard concentration of radiolabelled TCDD, after which the relative binding affinities could be calculated from log-logit plots of the inhibition of TCDD binding using linear regression analysis. Relative binding affinity was expressed as IC₅₀, the concentration of sample required to inhibit [³H]TCDD binding by 50 %.

References

Maron D. M. and Ames B. N.(1983) Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. Mut. Res. 113, 173-215

Poellinger L., Lund J., Dahlberg E. and Gustafsson J.-Å. (1985) A hydroxylapatite microassay for receptor binding of 2,3,7,8- tetrachlorodibenzo-p-dioxin and 3-methylcholanthrene in various target tissues. Anal. Biochem. 144, 371-384.

Toftgård R., Löfroth G., Carlstedt-Duke J., Kurl R. and Gustafsson J.-Å. (1983) Compounds in urban air compete with 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin for binding to the receptor protein. Chem.-Biol. Interact. 46, 335-346.

VOLVO Volvo Truck Corporation		Name of document Anbud LB 50		Page 1 (2)
Issuer (Department, name, phone, place, sign) 24623 Magnus Dahlgren 666707 BC2		Date 94(0310)	Appendix	Reg. No

Subject
Motorkoncept

Motor TG 103 är en för gasdrift konverterad dieselmotor (TD 103) enligt konceptet "lean-burn; open chamber".

Följande huvudkomponenter på motorn kommer att vara gasspecifika:

Cylinderhuvud (inkl ventiler och ventilsäten)

Kolvar och cylinderfoder

Kamaxel

Tändsystem (elektroniskt)

Gasdoseringsventiler (elektroniska)

Turboaggregat (elektronisk waste-gate)

Motorstyrenhet

Prestanda

Slagvolym: 9.6 l

Effekt: 250 hk vid 2000 r/min

Moment: 1150 Nm vid 1200 r/min

Motorns momentkurva-samt verkningsgrad i förhållande till motsvarande dieselmotor framgår av bilaga.

Emissioner

Motorn (inklusive oxiderande katalysator) uppfyller vid leverans följande emissionskrav (mätt enl ECE R 49).

NOx : 2,0 g/kWh

NO2 : 0,5 g/kWh

THC : 1,1 g/kWh

CO : 0,3 g/kWh

Part : 0,05 g/kWh

CO2 ekv : som diesel

Emissionsvärdena gäller vid drift på CNG enligt specifikation i anbudsförfrågan.

NMHC kommer ej att kunna mätas, men vår bedömning är att gränsvärdet 0,2 g/kwh kommer att innehållas.

Mätta emissioner enligt ECE R 49 (förutom partiklar), kommer att redovisas vid första leveranstillfället (mätt på en motor före leverans).

Bränsleförbrukning

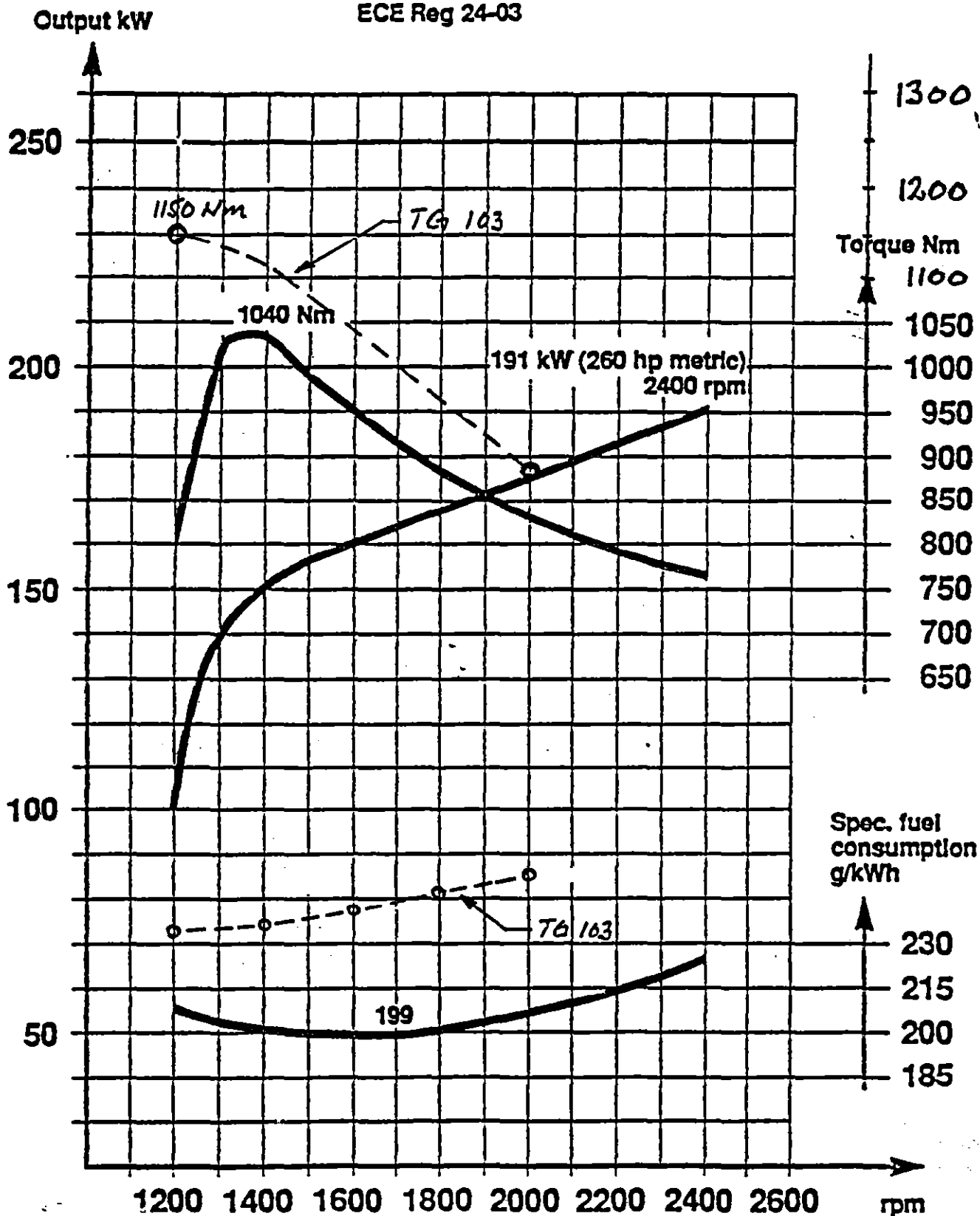
Bränsleförbrukningen för gasfordonen i förhållande till motsvarande diesel-fordon är beroende av typ av körning, men som ett riktvärde kan en ökning med 25% antas.

Drivlina

Fordonen kommer att kunna levereras med 2 typer av manuella växellådor samt en typ av automatlåda.

Bild V1. Teknisk beskrivning för TD73 ES.

Net: ISO 1585
SAE J 1349
89/491/EEC
ECE Reg 24-03



RSP 61834.09.91. Volvo Truck Corp. Printed in Sweden.

Bild V1. Motorkarakteristiska för TD73 ES

RESULTS ACCORDING TO A30 - TEST SIMULATED ON CHASSIS DYNAMOMETER

Test no: 705

Project: LB50
Cell no: 6
Date: 960104
Driver: Lennart Lundström
Technician Bengt Johansson

Reg. no:

Vehicle type: Volvo FL10

Engine type: TG 103

Engine no: S-68820*277711

Gear box type:

Odometer: 20 km

Fuel: CNG

CH₄O₂N₂

α: 3,75

β: 0,01

γ: 0,006

Comment: Elbroms, speed mode

Potentiometer i st f gaspedal.

Korrigerade bränsleflöden

mode	Engin Power Load							CO emissions			HC emissions			NOx emissions					CO2 emissions			Fuel consumption				valid	
	speed	Power calc	Load estim	Air kg/h	Corr. Fuel kg/h	λ calc	h_dies fr A/F	wet	mass	ec.ma	C1 wet	HC_diesel mass	ec.ma	NOx wet	Kh_diesel mass	pec.mas	NO wet	O2 /N	%	wet	mass	ec.ma	CNG ec.ma	esel e ec.ma	O2 wet	λ calc	F/A meas- cal,%
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	g/kW	g/kWh	g/kWh	%	fr O2			
1	630	0	0	51	2,8	1,10	0,957	3	0		45	1		71	6		67	5,7	8,93	7,6				1,6	1,09	0	
2	1200	12	9	134	6,2	1,28	0,964	2	0	0,02	696	48	3,95	121	27	2,20	118	2,7	7,67	16,9	1,38	508	573	4,2	1,28	0	
3	1200	36	25	231	10,1	1,36	0,974	2	0	0,01	293	35	0,98	218	84	2,37	206	5,7	7,27	27,5	0,77	283	320	5,1	1,36	0	
4	1200	69	49	390	15,6	1,49	0,966	2	1	0,01	302	60	0,87	143	92	1,33	136	5,3	6,70	42,6	0,61	224	253	6,3	1,48	0	
5	1200	103	73	556	20,8	1,59	0,980	2	1	0,01	513	146	1,41	111	102	0,99	106	4,4	6,28	56,7	0,55	202	227	7,2	1,59	0	
6	1200	141	100	743	27,2	1,63	0,974	2	2	0,01	773	294	2,08	137	168	1,19	132	3,8	6,10	73,6	0,52	192	217	7,5	1,63	0	
7	630	0	0	52	2,9	1,08	0,959	4	0		308	8		65	6		63	4,3	9,05	7,9				1,3	1,08	0	
8	2000	175	100	1080	39,2	1,64	0,981	6	6	0,04	662	366	2,09	124	223	1,28	118	5,2	6,07	106,3	0,61	224	253	7,6	1,64	0	
9	2000	129	74	806	30,3	1,58	0,975	3	2	0,02	517	213	1,65	149	199	1,54	141	5,2	6,31	82,6	0,64	235	265	7,1	1,58	0	
10	2000	83	48	556	22,3	1,48	0,969	2	1	0,01	415	119	1,43	267	246	2,96	251	6,3	6,72	60,9	0,73	269	303	6,3	1,48	0	
11	2000	36	21	347	14,6	1,42	0,979	2	1	0,02	326	58	1,61	173	101	2,78	161	7,0	7,00	39,8	1,10	402	453	5,6	1,41	0	
12	2000	11	6	226	10,3	1,31	0,964	2	1	0,05	278	33	3,07	196	73	6,90	182	6,8	7,57	28,2	2,65	968	1092	4,5	1,30	0	
13	630	0	0	53	3,0	1,04	0,960	6	0		745	21		65	6		62	5,2	9,28	8,2				0,8	1,04	0	

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 0,02 g/kWh
HC: 1,91 g CH_{1,85} /kWh
NOx: 1,36 g/kWh (as NO₂)
PM: ~ 0,01 g/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_CNG: 227 g/kWh
FC_diesel ekv: 257 g/kWh
Power: 75,6 kW

13 mode: Bil 1, prov 1

Test no: 706

Project: LB50
Cell no: 6
Date: 960104
Driver: Lennart Lundström
Technician Bengt Johansson

Reg. no:

Vehicle type: Volvo FL10

Engine type: TG 103

Engine no: S-68820* 277711

Gear box type:

Odometer: 20 km

Fuel: CNG

CH₄O₂N₂

α: 3,75

β: 0,01

γ: 0,006

Comment: Ebroms, speed mode

Potentiometer i st f gaspedal.

Korrigerade bränsleflöden

mode	Engin Power Load								CO emissions			HC emissions			NOx emissions					CO2 emissions					Fuel consumption				valid
	speed rpm	Power calc kW	Load estim %	Air kg/h	Corr. Fuel kg/h	λ calc fr A/F	λ h_dies Kh		wet ppm	mass g/h	ec.ma g/kWh	C1 wet ppm	HC_diesel mass g/h	ec.ma g/kWh	NOx wet ppm	Kh_diesel mass g/h	pec.mas g/kWh	NO wet ppm	O2 /N %		wet %	mass kg/h	ec.ma g/kW	CNG ec.ma g/kWh	esel e ec.ma g/kWh	O2 wet %	λ calc fr O2	F/A meas cal, %	
1	600	0	0	51	2,8	1,07	0,949	3	0		26	1		70	6		66	6,0	9,12	7,8						1,2	1,07	0	
2	1300	12	8	132	6,1	1,28	0,956	2	0	0,02	541	37	3,18	109	24	2,03	104	4,7	7,72	16,7	1,44	529	596	4,2	1,28	0			
3	1300	36	25	229	10,1	1,35	0,957	0	0	0,00	285	34	0,95	281	105	2,97	263	6,4	7,35	27,6	0,78	284	321	5,0	1,35	0			
4	1300	71	50	392	15,8	1,48	0,959	2	1	0,01	246	50	0,70	191	122	1,73	176	7,8	6,76	43,2	0,61	224	252	6,2	1,48	0			
5	1300	105	74	555	21,1	1,57	0,955	2	1	0,01	401	114	1,09	154	138	1,32	143	6,8	6,39	57,6	0,55	201	227	7,1	1,57	0			
6	1300	142	100	739	27,3	1,61	0,981	1	1	0,01	161	61	0,43	182	224	1,58	165	9,5	6,24	74,9	0,53	192	217	7,3	1,60	0			
7	600	0	0	52	2,9	1,07	0,957	4	0		4567	125		74	6		73	2,1	8,61	7,5					2,1	1,12	0		
8	2200	174	100	1068	38,9	1,63	0,970	5	6	0,03	540	295	1,70	137	240	1,38	129	6,1	6,11	105,8	0,61	224	253	7,6	1,64	0			
9	2200	131	76	807	30,7	1,57	0,963	3	2	0,02	424	175	1,33	176	233	1,77	165	6,3	6,38	83,7	0,64	234	264	7,0	1,57	0			
10	2200	83	48	549	22,3	1,46	0,968	2	1	0,01	311	88	1,05	319	289	3,47	296	7,3	6,81	61,0	0,73	268	302	6,1	1,46	0			
11	2200	37	21	345	14,6	1,40	0,964	0	0	0,00	228	41	1,09	212	121	3,25	194	8,6	7,10	40,1	1,08	395	445	5,5	1,40	0			
12	2200	10	6	223	10,2	1,31	0,957	2	1	0,05	206	24	2,34	183	67	6,61	169	8,0	7,59	27,8	2,73	998	1126	4,5	1,30	0			
13	600	0	0	52	2,9	1,06	0,965	4	0		263	7		70	6		67	4,7	9,20	8,0					1,0	1,06	0		

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 0,01 g/kWh
HC: 1,07 g CH_{1,85} /kWh
NOx: 1,67 g/kWh (as NO₂)
PM: ~ 0,01 g/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_CNG: 227 g/kWh
FC_diesel ekv: 256 g/kWh

Power: 76,0 kW

13 mode: Bil 1, prov 2

RESULTS ACCORDING TO A30 - TEST SIMULATED ON CHASSIS DYNAMOMETER

Test no: 710

Project: LB50
 Cell no: 6
 Date: 960111
 Driver: Lennart Lundström
 Technician Bengt Johansson

Reg. no:

Vehicle type: Volvo FL10
 Engine type: TG 103
 Engine no: S-68820*277714
 Gear box type:
 Odometer: 103 km

Fuel:

CNG

Comment: Elbroms, speed mode

Potentiometer i st f gaspedal.
 Korrigerade bränsleflöden

Project: LB50

Cell no: 6

Date: 960111

Driver: Lennart Lundström

Technician Bengt Johansson

Reg. no:

Vehicle type: Volvo FL10

Engine type: TG 103

Engine no: S-68820*277714

Gear box type:

Odometer: 103 km

Fuel:

CNG

Comment: Elbroms, speed mode

Potentiometer i st f gaspedal.
 Korrigerade bränsleflöden

mode	Engin							CO emissions			HC emissions			NOx emissions					CO2 emissions			Fuel consumption				valid
	speed	calc	estim	Air	Fuel	calc	h_dies	wet	mass	ec.ma	wet	mass	ec.ma	NOx	Kh_diesel	NO	O2 /N	wet	mass	ec.ma	CNG	esel e	O2	λ	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	%	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	fr O2	meas-cal, %	
1	630	0	0	45	2,7	1,00	0,953	892	43		158	4		0	0		0	75,0	9,59	7,3				0,2	1,01	0
2	1200	13	9	124	6,4	1,15	0,959	1	0	0,01	348	22	1,75	344	71	5,51	331	3,9	8,49	17,4	1,36	496	560	2,5	1,15	0
3	1200	36	25	223	10,2	1,30	0,962	1	0	0,01	62	7	0,20	474	175	4,87	416	12,1	7,62	27,9	0,78	284	320	4,4	1,29	0
4	1200	67	47	371	15,2	1,46	0,966	1	0	0,01	51	10	0,15	263	161	2,42	231	12,1	6,86	41,6	0,63	228	257	6,0	1,45	0
5	1200	107	75	566	21,5	1,57	0,968	1	1	0,01	118	34	0,32	171	159	1,48	156	8,7	6,41	58,9	0,55	201	226	6,9	1,56	0
6	1200	143	100	745	27,5	1,61	0,970	2	1	0,01	289	110	0,77	175	214	1,50	167	4,8	6,23	75,3	0,53	192	217	7,3	1,60	0
7	630	0	0	47	2,8	1,01	0,952	142	7		512	13		28	2		28	-0,3	9,57	7,6				0,3	1,01	0
8	2000	176	100	1071	39,4	1,62	0,966	4	4	0,02	137	75	0,43	178	312	1,77	165	7,3	6,22	108,0	0,61	224	253	7,4	1,61	0
9	2000	134	76	827	31,4	1,57	0,968	2	2	0,01	100	42	0,32	167	227	1,69	155	7,5	6,41	86,0	0,64	233	263	7,0	1,56	0
10	2000	89	51	584	23,4	1,49	0,965	1	1	0,01	58	17	0,19	248	238	2,67	226	8,9	6,75	64,2	0,72	263	296	6,2	1,47	0
11	2000	42	24	365	15,6	1,40	0,968	1	0	0,01	19	4	0,09	271	164	3,90	242	10,6	7,15	42,8	1,02	371	418	5,4	1,39	0
12	2000	22	12	268	12,2	1,31	0,964	1	0	0,01	16	2	0,10	373	166	7,59	331	11,3	7,61	33,5	1,54	560	631	4,4	1,30	0
13	630	0	0	48	2,8	1,00	0,954	1107	57		323	8		0	0		0	33,3	9,59	7,7				0,2	1,01	0

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 0,13 g/kWh
 HC: 0,58 g CH_{1,85} /kWh
 NOx: 1,90 g/kWh (as NO₂)
 PM: ~ 0,00 g/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC

FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_CNG: 227 g/kWh
 FC_diesel ekv: 256 g/kWh

Power: 76,9 kW

13 mode: Bil 2, prov 1

RESULTS ACCORDING TO A30 - TEST SIMULATED ON CHASSIS DYNAMOMETER

Test no: 711

Project: LB50
Cell no: 6
Date: 960111
Driver: Lennart Lundström
Technician Bengt Johansson

Reg. no:

Vehicle type: Volvo FL10

Engine type: TG 103

Engine no: S-68820* 277714

Gear box type:

Odometer: 103 km

Fuel: CNG

CH₄O₂N₂

α: 3,75

β: 0,01

γ: 0,006

Comment: Elbroms, speed mode

Potentiometer i st f gaspedal.

Korrigerade bränsleflöden

mode	Engin							CO emissions			HC emissions			NOx emissions					CO2 emissions			Fuel consumption				valid			
	speed	Power calc	Load estim	Air kg/h	Corr. Fuel kg/h	λ calc	h_dies fr A/F	wet	mass	ec.ma	C1 wet	HC_diesel mass	ec.ma	NOx wet	Kh_diesel mass	NO pec.mas	wet	O2 /NO	%	wet	mass	ec.ma	ec.ma	ec.ma	esel e g/kWh	e g/kWh	O2 wet	λ calc	F/A meas- cal, %
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	g/kW	g/kWh	g/kWh	g/kWh	%	fr O2				
1	630	0	0	46	2,7	1,00	0,955	945	47		104	3		3	0	3	13,9	9,58	7,4							0,2	1,01	0	
2	1200	13	9	126	6,4	1,17	0,961	1	0	0,01	368	24	1,88	319	67	5,19	308	3,5	8,38	17,5	1,36	496	560	2,8	1,17	0			
3	1200	35	25	222	10,1	1,30	0,965	1	0	0,00	70	8	0,23	482	177	5,02	429	11,0	7,62	27,8	0,79	287	323	4,4	1,30	0			
4	1200	67	46	370	15,3	1,44	0,969	1	0	0,00	64	12	0,18	306	187	2,80	273	10,8	6,93	41,8	0,63	228	257	5,9	1,43	0			
5	1200	104	72	548	21,0	1,55	0,972	1	1	0,01	137	39	0,37	217	196	1,89	200	7,7	6,47	57,7	0,55	202	228	6,8	1,54	0			
6	1200	144	100	745	27,7	1,60	0,974	2	1	0,01	318	121	0,84	198	244	1,69	190	4,1	6,26	75,7	0,53	192	217	7,3	1,60	0			
7	630	0	0	47	2,8	1,02	0,955	50	3		591	15		53	4	52	3,6	9,51	7,5						0,4	1,02	0		
8	2000	177	100	1069	39,6	1,61	0,973	4	4	0,02	139	76	0,43	203	358	2,02	189	7,0	6,26	108,6	0,61	224	253	7,3	1,60	0			
9	2000	134	75	819	31,2	1,56	0,973	2	1	0,01	122	51	0,38	176	238	1,78	164	6,6	6,43	85,6	0,64	234	264	6,9	1,55	0			
10	2000	88	49	574	23,2	1,47	0,972	1	1	0,01	77	23	0,26	280	266	3,04	258	7,9	6,79	63,6	0,73	265	299	6,1	1,46	0			
11	2000	42	24	366	12,6	1,40	0,970	1	0	0,01	40	8	0,18	258	189	3,77	235	9,1	7,12	42,7	1,03	374	421	5,4	1,38	0			
12	2000	20	11	258	8,8	1,28	0,967	1	0	0,01	23	3	0,15	240	189	3,57	238	10,0	7,73	32,9	1,03	364	421	5,4	1,38	0			
13	630	0	0	48	2,9	0,99	0,955	1916	98		329	8		0	0	0	25,0	9,57	7,7						0,2	1,01	0		

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 0,17 g/kWh
HC: 0,63 g CH_{1,85} /kWh
NOx: 2,14 g/kWh (as NO₂)
PM: ~ 0,01 g/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_CNG: 227 g/kWh
FC_diesel ekv: 256 g/kWh
Power: 76,9 kW

13 mode: Bil 2, prov 2

RESULTS ACCORDING TO A30 - TEST SIMULATED ON CHASSIS DYNAMOMETER

Test no: 716

Project: LB50
Cell no: 6
Date: 960118
Driver: Lennart Lundström
Technician Bengt Johansson

Reg. no:

Vehicle type: Volvo FL10.

Engine type: TG 103

Engine no: S-68822*278922

Gear box type:

Odometer: 103 km5

Fuel:

CNG

CH_αOβN_γ

α: 3,75

β: 0,01

γ: 0,006

Comment: Elbroms, speed mode

Potentiometer i st f gaspedal.

Korrigerade bränsleflöden

mode	Engin							CO emissions			HC emissions			NOx emissions					CO2 emissions			Fuel consumption				valid
	speed	Power calc	Load estim	Air kg/h	Corr. Fuel kg/h	λ calc fr A/F	λ h_dies Kh	wet ppm	mass g/h	ec.ma g/kWh	C1 wet ppm	HC_diesel mass g/h	ec.ma g/kWh	NOx wet ppm	mass g/h	pec.mas g/kWh	NO wet ppm	O2 /NO %	wet %	mass kg/h	ec.ma g/kW	CNG ec.ma g/kWh	esel e ec.ma g/kWh	O2 wet %	λ calc fr O2	F/A meas-cal,%
1	630	0	0	42	2,3	1,06	0,967	1	0		1080	24		85	6		81	5,2	9,11	6,3				1,1	1,06	0
2	1200	13	9	136	6,6	1,23	0,969	1	0	0,01	323	23	1,78	254	58	4,51	222	12,7	7,99	17,9	1,40	512	578	3,5	1,23	0
3	1200	35	23	233	10,2	1,36	0,969	1	0	0,01	59	7	0,21	271	105	3,02	229	15,6	7,31	27,9	0,80	293	331	5,0	1,35	0
4	1200	75	50	433	16,8	1,53	0,971	1	0	0,01	68	15	0,20	110	79	1,04	97	11,8	6,54	46,0	0,61	223	251	6,7	1,52	0
5	1200	113	76	609	22,7	1,60	0,972	1	1	0,01	144	45	0,40	112	112	0,99	103	7,6	6,29	62,2	0,55	200	226	7,2	1,59	0
6	1200	149	100	788	28,7	1,63	0,974	1	1	0,01	343	138	0,93	110	143	0,96	105	4,7	6,14	78,5	0,53	192	217	7,5	1,63	0
7	630	0	0	42	2,3	1,08	0,966	1	0		6	0		74	5		70	5,0	9,09	6,3				1,2	1,07	0
8	2000	181	100	1111	40,5	1,63	0,976	4	4	0,02	350	199	1,10	134	246	1,36	127	5,1	6,13	110,5	0,61	224	253	7,5	1,63	0
9	2000	138	77	861	32,3	1,59	0,970	2	2	0,01	252	111	0,80	133	189	1,37	126	5,5	6,31	88,2	0,64	233	263	7,2	1,58	0
10	2000	90	50	598	23,8	1,50	0,971	1	1	0,01	219	67	0,75	242	240	2,66	228	6,0	6,67	65,1	0,72	264	298	6,4	1,49	0
11	2000	43	24	380	16,0	1,42	0,972	1	0	0,01	137	27	0,63	221	140	3,25	206	6,9	7,03	43,8	1,02	371	419	5,6	1,41	0
12	2000	18	10	263	11,8	1,32	0,968	1	0	0,02	110	15	0,83	288	126	6,99	267	7,4	7,50	32,4	1,80	655	739	4,6	1,32	0
13	630	0	0	41	2,4	1,04	0,965	2	0		158	3		72	5		71	1,6	9,37	6,5				0,6	1,03	0

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 0,01 g/kWh
HC: 0,85 g CH_{1,85} /kWh
NOx: 1,30 g/kWh (as NO₂)
PM: ~ 0,01 g/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_CNG: 225 g/kWh
FC_diesel ekv: 253 g/kWh
Power: 80,1 kW

13 mode: Bil 3, prov 1

RESULTS ACCORDING TO A30 - TEST SIMULATED ON CHASSIS DYNAMOMETER

Test no: 720

Project: LB50
Cell no: 6
Date: 960119
Driver: Lennart Lundström
Technician Bengt Johansson

Reg. no: ... Fuel: CNG Comment: Elbroms, speed mode
Vehicle type: Volvo FL10 CHαOβNy Potentiometer i st f gaspedal.
Engine type: TG 103 α: 3,75 Korrigerade bränsleflöden
Engine no: S-68822* 278922 β: 0,01
Gear box type: γ: 0,006
Odometer: 103 km5

mode								CO emissions			HC emissions			NOx emissions					CO2 emissions			Fuel consumption				valid
	Engin speed rpm	Power calc kW	Load estim %	Corr. Air kg/h	λ Fuel kg/h	λ calc fr A/F	λ h_dies Kh	wet ppm	mass g/h	ec.ma g/kWh	C1 wet ppm	HC_diesel mass g/h	ec.ma g/kWh	NOx wet ppm	Kh_diesel mass g/h	pec.mas g/kWh	NO wet ppm	O2 /NO %	wet %	mass kg/h	ec.ma g/kW	ec.ma g/kWh	ec.ma g/kWh	O2 wet %	λ calc fr O2	F/A meas-cal,%
1	630	0	0	42	2,4	1,03	0,956	3	0		676	15		88	6		86	2,2	9,38	6,7				0,5	1,03	0
2	1200	12	8	135	6,5	1,23	0,961	1	0	0,01	321	22	1,85	291	65	5,34	252	13,3	8,04	17,9	1,47	537	605	3,4	1,22	0
3	1200	35	23	233	10,3	1,35	0,960	1	0	0,01	59	7	0,21	327	125	3,59	278	14,8	7,39	28,2	0,81	295	333	4,9	1,34	0
4	1200	74	48	423	16,6	1,52	0,965	1	1	0,01	73	16	0,21	145	101	1,37	129	11,0	6,61	45,5	0,62	225	254	6,5	1,51	0
5	1200	111	73	595	22,4	1,58	0,966	1	1	0,01	139	42	0,38	126	123	1,11	117	7,2	6,35	61,5	0,55	202	228	7,1	1,57	0
6	1200	152	100	801	29,3	1,63	0,964	2	2	0,01	341	140	0,92	144	188	1,24	139	3,7	6,17	80,0	0,53	192	217	7,5	1,62	0
7	630	0	0	41	2,3	1,07	0,960	2	0		21	0		77	5		73	5,5	9,14	6,3				1,1	1,06	0
8	2000	182	100	1111	40,7	1,63	0,965	4	5	0,03	391	222	1,22	173	314	1,73	166	4,0	6,16	111,0	0,61	224	253	7,5	1,62	0
9	2000	135	74	839	31,6	1,58	0,967	2	2	0,01	311	133	0,99	145	200	1,49	139	4,4	6,33	86,3	0,64	235	265	7,1	1,58	0
10	2000	89	49	593	23,7	1,49	0,962	2	1	0,01	238	73	0,81	256	249	2,78	244	4,6	6,71	64,9	0,73	265	299	6,3	1,48	0
11	2000	42	23	378	15,9	1,42	0,963	1	1	0,01	181	35	0,84	225	140	3,32	212	5,4	7,03	43,4	1,03	377	426	5,7	1,41	0
12	2000	17	9	259	11,7	1,32	0,964	1	0	0,02	156	21	1,23	287	123	7,21	271	5,3	7,53	32,1	1,88	686	773	4,6	1,31	0
13	630	0	0	41	2,4	1,02	0,955	23	1		410	9		5	0		5	1,6	9,53	6,5				0,2	1,01	0

Note1: All concentration measures are volumetric.

Note2: Calculations made with regard to composition of fuel.

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC EMISSIONS:

CO: 0,01 g/kWh
HC: 0,89 g CH1,85 /kWh
NOx: 1,58 g/kWh (as NO2)
PM: ~ 0,00 g/kWh

WEIGHTED BRAKE SPECIFIC FUEL CONSUMPTION AND POWER:

FC_CNG: 225 g/kWh
FC_diesel ekv: 254 g/kWh
Power: 80,5 kW

13 mode: Bil3, prov 2

Bilaga 5

MÄTNING AV REGLRADE EMISSIONER VID PROV ENLIGT BUSSCYKEL										
				HC, ber.	Mätt					1996-01-08
		CO	HC	om meta	metan	NOx	PM	BF, ber	BF, mätt	CO2
	Pnr	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
	707	0,18	1,71	1,86	1,78	4,58	0,01	424	458	1158
	708	0,24	1,25	1,36	1,32	4,28	0,01	412	469	1125
	709	0,11	0,99	1,07	1,06	4,52	0,01	394	437	1079
	Medelvärde:	0,18	1,32	1,43	1,39	4,46	0,01	410	455	1121
	Stdev:	0,07	0,37	0,40	0,37	0,16	0,00	15	17	40
	CNG-lastbil nr 2:									1996-01-12
	712	2,33	2,18	2,37	2,38	5,16	0,01	423	435	1150
	713	3,37	2,44	2,66	2,69	5,44	0,01	422	467	1145
	714	3,29	2,20	2,39	2,42	5,65	0,01	418	447	1135
	Medelvärde:	3,00	2,27	2,47	2,50	5,42	0,01	421	450	1143
	Stdev:	0,58	0,15	0,16	0,17	0,25	0,00	3	16	8
	CNG-lastbil nr 3:									1996-01-18
	717	0,18	1,57	1,71	2,20	4,15	0,01	414	437	1131
	718	0,49	3,63	3,95	4,27	3,32	0,01	434	521	1181
	719	0,49	2,32	2,53	2,97	3,02	0,01	421	494	1147
	Medelvärde:	0,39	2,51	2,73	3,14	3,49	0,01	423	484	1153
	Stdev:	0,18	1,04	1,13	1,05	0,58	0,00	10	43	25

Bilaga 6

Particle Phase

SAMPLES → I COMPONENTS I	PART707-709II ug/km d.d	PART712-714III ug/km d.d	PART717-719II ug/km d.d	MEAN	STD.DEV	BLANK PARTII ug/km d.d
2-methylfluorene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
dibenzothiophene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
phenanthrene	0.11	0.21	0.12	0.15	0.05	<0.02
anthracene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
2-methylanthracene	0.07	0.10	0.05	0.07	0.02	<0.02
1-methylphenanthrene	0.05	0.05	0.03	0.04	0.01	0.09
2-methylphenanthrene	0.07	0.10	0.05	0.07	0.02	0.15
fluoranthene	0.30	0.38	0.14	0.27	0.12	0.32
pyrene	0.24	0.31	0.13	0.23	0.09	0.27
retene	0.02	0.03	<0.02			0.04
2-methylpyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
1-methylpyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
benzo(ghi)fluoranthene	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04
cyclopenta(cd)pyrene	<0.02	<0.02	<0.02			0.02
benzo(a)anthracene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
chrysene/triphenylene	0.02	0.03	<0.02			<0.02
benzo(b&k)fluoranthene	<0.02	0.02	0.04			<0.02
benzo(e)pyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
benzo(a)pyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
perylene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
indeno(1,2,3-cd)fluoranthene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
indeno(1,2,3-cd)pyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
dibenzo(a,h)anthracene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
benzo(ghi)perylene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
coronene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
SUM	0.92	1.24	0.60			0.93
nitropyrene (ng/km d.d)	0.012	0.099	0.120			0.020

Semivolatile Phase (PUF)

SAMPLES → I COMPONENTS I	PUF707-709II ug/km d.d	PUF712-714III ug/km d.d	PUF717-719II ug/km d.d	MEAN	STD.DEV	SYSTEM BLANK ug/km d.d
2-methylfluorene	0.19	0.22	0.37	0.26	0.10	<0.02
dibenzothiophene	0.17	0.51	0.79	0.49	0.31	<0.02
phenanthrene	3.53	4.67	6.23	4.81	1.36	1.70
anthracene	0.06	0.21	0.18	0.15	0.08	<0.02
2-methylanthracene	0.63	0.43	0.67	0.58	0.13	0.20
1-methylphenanthrene	0.42	0.30	0.42	0.38	0.07	0.20
2-methylphenanthrene	0.64	0.44	0.68	0.59	0.13	<0.02
fluoranthene	2.07	5.94	9.37	5.79	3.65	2.80
pyrene	5.72	20.6	31.8	19.4	13.1	9.80
retene	0.27	0.44	0.69	0.47	0.21	<0.02
2-methylpyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
1-methylpyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
benzo(ghi)fluoranthene	0.09	0.85	1.45	0.80	0.68	0.10
cyclopenta(cd)pyrene	<0.02	0.03	0.09			<0.02
benzo(a)anthracene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
chrysene/triphenylene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
benzo(b&k)fluoranthene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
benzo(e)pyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
benzo(a)pyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
perylene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
indeno(1,2,3-cd)fluoranthene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
indeno(1,2,3-cd)pyrene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
dibenzo(a,h)anthracene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
benzo(ghi)perylene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
coronene	<0.02	<0.02	<0.02			<0.02
SUM	13.8	34.6	52.7			14.80
nitropyrene (ng/km d.d)	0.030	0.034	0.030			n.d

Bild RW. PAH emission med partikelfas och semivolatil fas.

TABELL: VÄRDEN FRÅN BIOLOGISKA TEST

mutcdd.doc

rw960321

Ames test (mutagenicity, revertants/m d.d.)

	TA98-S9	TA98+S9	TA100-S9	TA100+S9
Particle	1.8+/-0.1***	1.9+/-0.1***	1.4+/-0.2***	1.0+/-0.2***
Semivolatile	0.3+/-0.1***	3.5+/-0.6***	0.6+/-0.1***	1.3+/-0.3**
Particle, blank	-0.2+/-0.2	1.9+/-1.2	0.6+/-0.9	
Semivolatile, blank#	-0.6+/-0.5 2.1+/-0.9* 1.8+/-1.0	-1.8+/-1.8	0.3+/-1.8	

TCDD-receptor affinity (IC50, mm d.d./ml)

Particle	622	r=0.8350	p<0.001
Semivolatile	291	r=0.6002	p<0.001
Particle, blank	735	r=0.9388	p<0.001
Semivolatile, blank#	nq	-	-

n.q. not quantifiable. #systemmedelblank

96-12-03

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 Instit. 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 ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100

96-12-03

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 tillämpln.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÄF-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

96-12-03

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

96-12-03

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	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	Göteborg Energi m fl	150
066	Konvertering av oljeeldade panncentraler till naturgas. Handbok.	Nov 95	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	150

96-12-03

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	0
077	Karakterisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB 50-projektet	077	K-E Egeback Roger Westerholm	150
A01	Fordonstankstation Naturgas. Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers	Feb 95	Per Carlsson Göteborg Energi	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

96-12-03

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
A06	Isbildning i naturgasbussar och CNG-system (Endast för internt bruk)	Nov 95	Volvo Aero Turbines Sydgas, SGC	0
A07	Större keramisk fiberbrännare. Förstudie	Jan 96	Per Carlsson Sydkraft Konsult	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	0



Svenskt Gastekniskt Center AB

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

KFS AB, LUND