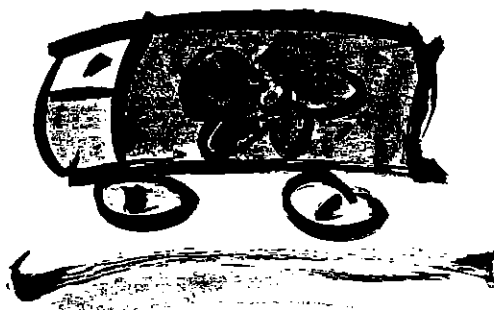




Rapport SGC 065

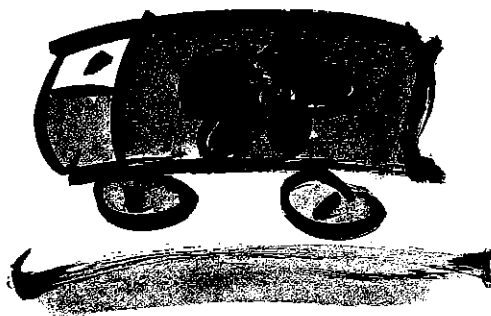
FÖRBÄTTRA MILJÖN MED GASDRIVNA FORDON

Annika Norström
Michael Losciale

VATTENFALL ENERGISYSTEM AB

Augusti 1995





Rapport SGC 065

FÖRBÄTTRA MILJÖN MED GASDRIVNA FORDON

Annika Norström
Michael Losciale

VATTENFALL ENERGISYSTEM AB

Augusti 1995

Grön Ide' HB har gjort grafisk form och original



SGC:s FÖRORD

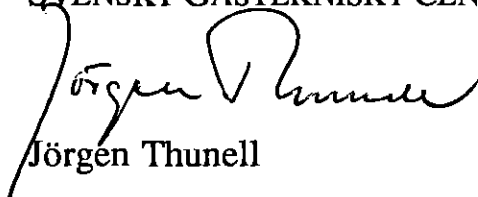
FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

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.

Föreliggande rapport har framtagits inom gasbolagens NGV-grupp bestående av Göteborg Energi, Vattenfall, Sydgas, Helsingborg Energi, Lunds Energi och Svenskt Gastekniskt Center. NGV står för Natural Gas Vehicles.

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



Jörgen Thunell

Innehåll

Sammanfattning	2
1. Bakgrund	4
1.1 Naturgasdrivna fordon - principer och förekomst	4
1.2 Luftförorenande ämnen	5
1.3 Avgasemissioners miljö- och hälsoeffekter	5
1.3.1 Inledning	5
1.3.2 Lokal påverkan	7
1.3.3 Regional påverkan	7
1.3.4 Global påverkan	8
1.3.5 Sammanfattande översikt över lokal, regional och global påverkan	10
1.4 Sammansättning av natur- och biogas	11
1.5 Trafiksituationen i Sverige	12
1.5.1 Utsläpp från den totala fordonsflottan	12
1.5.2 Vägtrafikens andel av de totala utsläppen	12
1.6 Lagar, förordningar och bestämmelser som reglerar utsläpp från fordon.	13
2. Utsläpp från fordon med olika drivmedel	15
2.1 Inledning	15
2.2 Reglerade emissioner	16
2.3 Oreglerade emissioner	18
2.4 Emissioner av växthusgaser	18
2.5 Buller	19
3. Miljöförändring med naturgasdrift och andra drivmedel	21
3.1 Inledning	21
3.2 Reglerade emissioner	21
3.3 Oreglerade emissioner	22
3.4 Växthusgaser	22
3.5 Bullernivåer	23
3.6 Exempel på reducerade emissioner med naturgas som bränsle	23
4. Ekonomisk jämförelse av olika drivmedelsalternativ	24
5. Slutsatser – natur och biogas som fordonsbränsle	26
5.1 Miljöpåverkan	26
5.2 Trafikeringskostnader	26
5.3 Synergieffekter med naturgas som bränsle	27
5.4 Slutsats	27
Referenser	28
Bilagor	30

Sammanfattning

Bakgrund

I denna rapport sammanfattas miljöpåverkan av naturgasdrivna fordon och jämförs med miljöpåverkan av fordon med andra drivmedel, främst diesel. Det finns flera skäl att använda naturgas som fordonsbränsle men i Sverige är det huvudsakligen miljöskäl som talar till naturgasens fördel.

I Malmö och Göteborg finns idag cirka 80 naturgasbussar i drift för innerstads och regionstrafik och en utbyggnad till runt 200 bussar är beslutad för Malmöregionen.

I ett pågående projekt, kallat LB50-projektet, introduceras naturgas- och biogasdrivna lastbilar på den svenska marknaden. Trettio stycken lastbilar för naturgas är beställda av Volvo till bl.a. distributionsföretag, renhållningsverk och livsmedelsindustrier för leverans under 1995/1996. Projektet är en fortsättning för att främja miljövänligare tyngre fordon för tätortstrafik utöver busstrafiken.

Bensindrivna fordon med katalysatorrening har redan idag förhållandevis små förorenande avgasutsläpp och detta gör att huvudintresset för naturgas i inledningsskedet har fokuserats på tunga fordon. Den pågående utvecklingen av naturgasdrivna personbilar har dock visat att emissionsnivåerna vid gasdrift är lägre än vid bensindrif, vilket aktualiserar intresset att ersätta även bensindrivna personbilar med naturgasdrivna. Göteborgs Energi AB har således beställt ett tiotal bilar för sin egen fordonspark.

Miljöpåverkan

Naturgas och renad biogas som drivmedel ger betydande miljövinster. Emissionerna från ett miljöoptimerat fordon för naturgas eller biogas är avsevärt lägre än från motsvarande fordon som drivs med konventionella drivmedel. Fördelarna är störst när man jämför tunga diesel-drivna fordon med motsvarande gasfordon. Utsläpp av partiklar, kväveoxider (NO_x), kolmonoxid (CO) och hälsofarliga kolväten är avsevärt lägre. Även jämfört med bensindrivna fordon ger naturgasdrift låga emissioner av CO, NO_x och hälsofarliga kolväten. Naturgas är även praktiskt taget fri från svavel och ger därför inga utsläpp av svaveloxider.

Genom användning av naturgas minskar utsläppen av växthusgaser jämfört med diesel och bensen. Beaktas utsläppen från utvinning till förbrukning av drivmedel minskar utsläppen för tyngre fordon med 15% och för bensindrivna fordon med 30%. I det fall biogas används som fordonsbränsle erhålles inget nettotillskott av växthusgaser (vid rening av biogas till naturgaskvalitet släpps dock någon metangas ut).

Sammanfattande för det som kommit fram i undersökningarna är att naturgas som alternativt bränsle till diesel ger:

STARK FÖRBÄTTRING AV DIREKT OCH LÅNGSIKTIG TOXISK PÅVERKAN PÅ LOKAL MILJÖ

genom lägre utsläpp av:

- kväveoxider
- koloxid
- reaktiva och cancerogena kolväten
- andra hälsofarliga oreglerade ämnen
- partiklar

FÖRBÄTTRAD REGIONAL OCH GLOBAL MILJÖ

genom:

- betydligt lägre utsläpp av försurande gaser (kväve- och svaveloxider)
- mindre bildning av sommar- och vinter-smog
- något lägre utsläpp av växthusgaser

FÖRBÄTTRAD BULLERMILJÖ

Bullernivåerna sjunker med naturgasdrift. Skillnaden är stor vid acceleration och något mindre vid jämn hastighet. Vid hastigheter över 70 km/h blir skillnaden inte märkbar eftersom däck- och vägbaneljud då blir dominerande.

Synergieffekter av drivmedelsbyte

En naturgassatsning kan leda till att storskalig biogasdrift blir realistisk. Tekniken för fordonen och tankningen är densamma för biogas och naturgas. Genom naturgasdrift skulle antalet gasfordon och tankningsanläggningar kunna bli tillräckligt stort för att ge de stor-driftfördelar som krävs för att få ekonomiskt hållbara biogasprojekt.

Det är inte realistiskt att ersätta allt fossilt bränsle inom transport- och energisektorn med biobränsle. Det betyder att det fossila bränsle som måste användas bör ge så små utsläpp som möjligt. Ur dylik synpunkt ter sig naturgas som det bästa alternativet.

Ekonomi

I det kostnadsexempel som ges framgår att förhållandet mellan trafikeringskostnad (drift- och kapitalkostnad) och avgasreduktion är mycket bra för naturgas. Det innebär att naturgas är det alternativ som ger störst miljöförbättring till lägst kostnadsökning.

1. Bakgrund

1.1 Naturgasdrivna fordon – principer och förekomst

Skilda länder har olika skäl för att använda naturgasdrivna fordon. I vissa länder är det billigare med naturgas än med konventionella drivmedel framför allt beroende på att naturgasen är en inhemsk resurs medan olja och bensin måste importeras. I andra länder är miljöhänsyn det främsta motivet för naturgasanvändning, t.ex. i Kalifornien i USA. I länder där miljöskäl väger tungt stöder stat och myndigheter introduktionen av naturgasdrivna fordon genom subventioner, bidrag och dylikt.

I Sverige är det huvudsakligen miljöskäl som styr intresset för naturgasdrivna fordon. Efter som bensindrivna fordon med katalysatorrening redan idag ger förhållandevis små förorenande avgasutsläpp ligger huvudintresset i inledningsskedet på att ersätta tunga dieselfordon.

Naturgas kan antingen förbrännas i ottomotorer (konventionella bensinmotorer) med tändstift eller i dieselmotorer där naturgasens antänds genom att en liten mängd diesel sprutas in i bränslerummet som tändhjälp. I Sverige är naturgasmotorer ottomotorer som kan vara antingen originaltillverkade eller ombyggda. De förstnämnda ger lägre emissioner av skadliga ämnen. Gasen förvaras komprimerad i tankar som för t ex bussarnas del vanligen placeras på taket. Fordonstekniken för naturgas- och biogasdrivna fordon är i stort sett densamma.

Det finns omkring en miljon naturgasfordon i världen varav de flesta är personbilar. Länder med fler än 140 000 naturgasfordon (huvuddelen personbilar) är bl.a. Italien och Argentina. Nya Zeeland har cirka 70 000 fordon.

I Sverige finns det natur- och biogasdrivna fordon på följande platser:

25 naturgasbussar	Göteborg
4 lastbilar	--
13 personbilar	--
41 naturgasbussar	Malmö
2 personbilar (plus 1 beställd)	--
5 biogasbussar	Linköping
1 skåpbil	Lund
1 personbil	Åstorp
1 personbil	Varberg

I Malmö och Göteborg finns idag ett åttiototal naturgasbussar i drift för innerstadstrafik. Bussarna är tillverkade av Volvo och Scania. En kraftig utbyggnad till cirka 200 bussar är planerad för Malmöregionen.

För närvarande pågår en introduktion av naturgasdrivna lastbilar på den svenska marknaden i det s.k. LB50-projektet. Projektet har startats på initiativ av Naturgasbolagen i Sverige. Inom projektet ska en samordnad beställning av 30 naturgasdrivna lastbilar göras. Lastbilarna är beställda av bl.a. distributionsföretag, renhållningsverk och livsmedelsindustrier. Lastbilarna levereras av Volvo och de första två levererades till Göteborg i mars 1995. Därefter skall ytterligare lastbilar levereras i september

1995 och resterande senast juni 1996. Parallellt inom projektet pågår en utveckling av biogasdrivna lastbilar. Leverans av två biogasdrivna lastbilar planeras till årsskiftet 1995/96.

De nyligen utvecklade naturgasdrivna personbilarna från Volvo (Volvo 940) har enligt Volvos egna mätningar så låga emissioner att de uppfyller de amerikanska kraven ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) som införs från 1997 i Kalifornien.[19]

1.2 Luftförorenande ämnen

Ämnen som emitteras från fordon kan delas in i reglerade och oreglerade luftförorenande ämnen samt växthusgaser. De reglerade utsläppen regleras i myndighetskrav. Till dessa hör bl.a. NO_x (kväveoxider) och partiklar. I vissa fall kontrolleras utsläppen genom att bränslets innehåll regleras. Andra emissioner har bevisad skadeverkan men utsläppen regleras inte direkt i myndigheternas föreskrifter. En typ av utsläpp som uppmärksammas de senaste åren är växthusgaserna, d.v.s. gaser som bidrar till växthuseffekten.

1.3 Avgasemissioners miljö- och hälsoeffekter

1.3.1 Inledning

Olika ämnen påverkar miljön på olika nivåer; lokal, regional eller global nivå. Lokal miljö är densamma som vår närmiljö, t.ex. en gatukorsning eller en stad. Regional miljö utgöres av allt från en kommun till en världsdel. Global miljö är hela jorden inklusive atmosfären och världshaven. Den lokala påverkan rör sig i allmänhet om påverkan på människans hälsa. Med regional påverkan menar vi vanligen försurning av mark och vatten, skador på växtlighet av marknära ozon och påverkan på växtligheten av kvävenedfall. Global påverkan innefattar i första hand den s.k. växthuseffekten.

I det följande en översiktlig beskrivning av miljö- och hälsoeffekter från ett antal ämnen som förekommer i dagens bilavgaser.

Svaveloxider (SO_x)

Svaveloxider orsakar irritation på slemhinnor. De tas lätt upp eftersom de är lösliga i vatten. Resultatet kan bli svullna slemhinnor

Tabell 1.1. Reglerade och oreglerade emissioner samt växthusgaser.

REGLERADE EMISSIONER		EMISSIONER SOM SOM REGLERAS GENOM INNEHÅLL I BRÄNSLET	
NO _x ¹	kväveoxider	SO _x	svaveloxider
CO ¹	koloxid	Pb	bly
HC - total	totalmängden kolväten		
partiklar			
buller			
OREGLERADE EMISSIONER (EXEMPEL)		VÄXTHUSGASER	
PAH	polyaromatiska kolväten	CH ₄ ¹	metan
HC	kolväten (eten, propen, 1,3 butadien, bensen, toluen, xylén, metan)	N ₂ O	lustgas
		CFC	Freoner
N ₂ O	lustgas	CO ₂	koldioxid
alkylnitriler		Ozon	troposfäriskt (marknivå)
oxygenater	alkoholer, aldehyder		
VOC ¹	flyktiga organiska ämnen		
dioxiner			
tungmetaller			

¹ Ämnen som även ger indirekta växthuseffekter.

och försvårad andning. Irritationerna förvärras av damm och sot. Synergistiska effekter har observerats vid samtidigt upptagande av PAH (Polyaromatiska kolväten).

Kväveoxider (NO_x)

Kvävedioxid (NO₂) är den form av kväveoxid som gör mest skada. Den är mindre löslig än svaveloxiderna och tränger därför djupare ner i andningsapparaten och kan nå lungorna. Resultatet kan bli försämrade lungkapacitet och lägre motstånd mot infektioner. Kvävedioxid anses också vara huvudsaklig eller bidragande orsak till uppkomst av allergier. [ref 7]

Kolmonoxid (CO)

Kolmonoxid är giftig och kan orsaka kvävning vid höga koncentrationer. Kolmonoxid bidrar även på samma sätt som metan till den allmänna bakgrunds-nivån av ozon men effekten är svag och oklar och svår att utvärdera. Regleringen av kolmonoxidutsläpp beror i huvudsak på att förekomst av CO indikerar förekomst av oförbrända kolväten och är lättare att mäta än dessa. [ref 20]

Kolväten (HC)

Kolväten delas ofta upp i NMHC (Non Methane Hydro Carbons) och metan. Detta beror på att ett flertal kolväten är skadliga t.ex. bensen, medan metan inte har någon påvisad skadlig effekt i närmiljön.

- NHMC (NON METHANE HYDRO CARBONS)
Kolväten påverkar huvudsakligen indirekt genom att tillsammans med kväveoxid och solljus bilda ozon. De kan ge neurotoxiska effekter i kroppen och vissa kolväten har visat sig vara cancerframkallande, t.ex. bensen.

- METAN (CH₄)

Av de enskilda kolvätena är det endast metan som har tillräcklig livslängd för att kunna agera som växthusgas. Metan har inte någon påvisad skadlig effekt i närmiljön.

Ozon

Kväveoxid och reaktiva kolväten (ej metan) bildar under inverkan av solljus ozon. Ozon har låg löslighet i vatten och tas därför upp djupt ned i lungorna. Ozon orsakar irritation i andningsapparaten och kan i större doser skada lungans alveoler vilket ger försämrade lungfunktion. Irritation i ögon, ökade astmatiska problem och bröstsmärtor är andra besvär som orsakas av ozon. Vidare tros ozon bidra till uppkomst av cancer och misstänks även ge mindre kända kroniska effekter vid förlängd exponering vid låga doser.

Polyaromatiska kolväten (PAH)

Polyaromatiska kolväten tillhör den farligaste typen av kolväten som har en påvisad cancerframkallande effekt. Denna typ av kolväten ger inga akuta förgiftningseffekter men har visat sig kunna orsaka genotoxiska effekter. Partiklar i avgaser kan fungera som bärare för dessa kolväten. Vid inandning följer de med partiklarna ner i lungorna där de kan tas upp i lungornas alveoler för att sedan upptas i blodet. [ref 11]

Partiklar

Partiklar uppkommer till största delen genom ofullständig förbränning. Partikelutsläpp av sot och andra föroreningar utgör ett stort problem i tätorter. De flesta spårämnen som ingår i olika bränslen återfinns i avgaserna i form av, eller adsorberade på, partiklar. Exempel på sådana spårämnen är arsenik, kadmium, krom, koppar, nickel, bly och vanadin. Partiklar fungerar även som bärare för en mängd andra föroreningar bl.a. polyaromatiska kolväten (PAH) vilka kan ge svåra hälsoeffekter, enligt ovan.

Kvicksilver (Hg)

Kvicksilver ingår i praktiskt taget alla bränslen. Undantaget är naturgas. [ref 7] Kvicksilver är fettlösligt och lagras i kroppen. Kvicksilver och dess föreningar kan ge en mängd olika skador, nämnas bör njurskador och påverkan på nervsystemet.

1.3.2 Lokal påverkan

Biltrafik är den helt dominerande källan till luftföroreningar i tätorter. Två tredjedelar av föroreningarna alstras av fordonstrafiken. I bilavgaser är det framförallt svaveldioxid, kväveoxider, kolväten, partiklar och kolmonoxid som ger upphov till skador på människors hälsa och på naturen. Vissa oreglerade emissioner kan ge genotoxiska effekter.

Luftföroreningar ger enligt Strålningsbiologiska institutionen vid Stockholms Universitet, [ref 7] uppskattningsvis upphov till mellan 500 och 2000 cancerfall om året i Sverige. Man anser också att luftföroreningar är en starkt påverkande faktor vid uppkomst av allergier och astmatiska problem.

Luftföroreningar och vibrationer från trafiken orsakar även nedsmutsning och söndervittring av byggnader och konstverk. Att byggnader och konstverk förstörs leder till en allmän förfallning som påverkar människors trivsel.

Buller

Gränsvärdet för god miljö kvalitet ligger vid en bullernivå av 55 dBA vid en husfasad. I Sverige utsätts över 2 miljoner människor för trafikbuller som ligger vid eller över detta värde. Bullerstörningar är jämnt spridda över landet till skillnad från luftföroreningarna som är koncentrerade till storstadsområdena. Endast 15 – 20 % av de bullerstörda personerna bor i storstadsområden.

Antal människor störda av buller från olika trafikslag:

	Antal personer som berörs
Vägtrafik	1 580 000
Tåg	500 000
Flyg	65 000

Vägtrafiken svarar alltså enligt ovan för cirka 75 % av bullerstörningarna.

Buller kan påverka hjärt- och kärlsystem och ge upphov till olika stressymptom, huvudvärk, koncentrationssvårigheter, allmän olust och hörselskador.

1.3.3 Regional påverkan

Försurning

Utsläpp av svaveloxider (SO_x), kväveoxider (NO_x) och ammonium (NH₄⁺) orsakar försurning. Försurning är en sammanfattande benämning på en mängd förändringar i miljön som beror på att vätejoner bildas och pH-värdet sjunker. Vätejoner deltar i många fall i reaktioner som åstadkommer sekundära förändringar i ekosystemet som i sin tur ger negativa effekter på miljön. Sådana reaktioner är bl.a:

- utbyte och utlakning ur mark, samt förlust genom mark- och grundvatten, av viktiga mineralämnen som kalium, kalcium och magnesium
- omvandling av markens fosfor till former som inte är tillgängliga för växterna.

Skogsbruket svarar självt för hälften av dagens försurning av skogsmark i södra Sverige. Försurning orsakas också av att växtdelar förs bort vilket tar bort mineralämnen från marken. Den andra hälften kommer från nedfall av sura ämnen.

För försurning av vatten är dock den atmosfäriska depositionen allvarligare. Svavelnedfallet svarar för 70 – 95 % av syradepositionen, NO_x och NH₄⁺ (ammonium) för övriga 5 – 30 %.

Miljöeffekter av försurning:

En sjö som försuras får färre växt- och djurarter. Många arter slås ut av det fluktuerande pH-värde som föregår ett stabilt lågt pH-värde samt av den frigörelse av metaller som sker p.g.a. försurningen. Främst aluminium, men även kadmium och zink frigörs genom försurning och sköljs ut i vattnet från omgivande mark.

För skogsmarken innebär förlusterna av mineralämnen att skogens vitalitet och tillväxt hotas. Floran har redan idag förändrats. I södra Sverige varierar förlusterna av mineralämnen med mellan 50 och 75 %.

Utsläpp av försurande ämnen orsakar också söndervittring av byggnader och konstverk samt korrosion av metaller (rost).

Marknära ozon (»Sommar-/Vintersmog«)

I Sverige förekommer varje år perioder då halten av marknära ozon är kraftigt förhöjd. Bildningsprocessen för ozon medför att de högsta halterna av marknära ozon bildas vid stora kolväteutsläpp i kombination med utsläpp av kväveoxider och långvariga perioder med högt tryck »sommarsmog«. [ref 16] Perioderna kan sträcka sig över flera dagar.

Man tror att marknära utsläpp från trafik och naturliga kolväteväldar som skog har större betydelse för ozonbildning än skorstensutsläpp. [ref 7] Skilda kolväten har olika stor förmåga att snabbt bilda ozon. Till exempel bildar eten mycket snabbt ozon medan metan har en mindre påverkan.

Marknära ozon kan även bildas vintertid. Sådan »vintersmog« bildas i närvaro av SO₂ och partiklar. [ref 16]

Miljöeffekter av marknära ozon:

Ozon skadar växters celler vilket leder till att näringsämnen förloras. Även fotosyntesen och rötternas funktion påverkas negativt. Sammantaget gör detta att växternas tillväxt hämmas. Marknära ozon bedöms redan idag ge stora och dyra skördebortfall i Sverige.

Ozon har relativt kort livslängd och därför påverkar ozon som bildats i markskiktet inte ozonlagret i stratosfären.

Övergödning

Ett överskott på näringsämnen ger övergödning. Det är framförallt kväve som ger övergödningseffekt i Sverige.

Miljöeffekter av övergödning:

Upp till en viss nivå ger en ökad näringstillförsel ökad skogsproduktion. En ytterligare tillförsel över denna nivå ger en minskning och förändring i artsammansättningen, t.ex. mer gräs och mindre blåbär. Artsammansättningen förändras långt innan det uppstår skogsskador.

Kvävenedfall påskyndar indirekt markens försurning genom att en ökad skogstillväxt höjer upptagningstakten av näringsämnen från marken.

Det förhöjda kvävenedfallet ökar kväveutlakningen från skogen som tillsammans med kväveutflödet från åkermarken, markant höjer kvävehalterna i sjöar och vattendrag. Detta ger en förhöjd produktion av alger och växtplankton som leder till att sjöar fortare växer igen. Syrebrist kan uppträda då döda växtdelar från den ökade produktionen bryts ned. Det senare händer framförallt i kusttrakterna.

Än så länge lagras stora mängder kväve i träd och mark och det är i första hand under hyggesfasen som det läcker ut stora mängder med kväve till vattendragen från skogarna. Detta betyder att övergödningen är ett problem som inte är fullt synligt idag.

1.3.4 Global påverkan

Växthuseffekten

I atmosfären finns gaser som fångar upp en del av den värme som jordytan utstrålar. Detta fenomen, den s.k. växthuseffekten gör att medeltemperaturen på jorden är +15 °C istället för -18 °C. Gaser med denna effekt som naturligt förekommer i atmosfären är bl.a. vattenånga, CO₂, lustgas (N₂O), ozon och metan (CH₄). Vissa syntetiskt framställda gasformiga föreningar ger samma effekt i atmosfären. Mest känd är freoner (CFC). Dessa gaser kallas gemensamt för växthusgaser.

Olika växthusgaser har olika lång livslängd i atmosfären. Detta innebär att en mängd av ett långlivat ämne kan ge väl så stora bidrag som

¹Uttryck från [ref 16]

en större mängd av ett ämne med kortare livslängd. För att kunna jämföra effekten från olika växthusgaser brukar man med hjälp av faktorer för de relativa effekterna räkna om utsläppen till CO₂-ekvivalenter, dvs ange vilken mängd koldioxid som ger samma växthuseffekt. Tabell 1.2 visar den relativa växthuseffekten för några gaser som ingår i utsläppen från motorer.

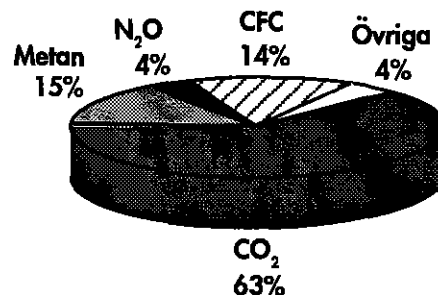
Tabell 1.2 Några gasers relativa effekt som växthusgas

ÄMNE	RELATIV EFFEKT
Koldioxid (CO ₂)	1
Metan (CH ₄)	21
Dikväveoxid (N ₂ O)	290
Kväveoxider (NO _x)	7
Kolmonoxid (CO)	3
Kolväten förutom metan	11

Naturgas består i huvudsak av metan som omvandlas till koldioxid vid förbränning i en motor. En del metan passerar oförbränd genom motorn varför både koldioxid och metan återfinns i avgaserna. Oförbränd metan har ungefär sju gånger större effekt som växthusgas än koldioxiden från förbränd metan. (Stora ansträngningar görs av motortillverkare för att minska mängden oförbränd metan).

Kolmonoxid (CO) bidrar marginellt till växthuseffekten trots att kolmonoxid inte absorberar värmestrålning. Kolmonoxid konkurrerar med metan om syre för oxidering och på så sätt ökar kolmonoxid växthuseffekten från metan.

Under 1900-talet har halterna av samtliga växthusgaser (förutom vattenånga) stigit i atmosfären och mycket forskning pågår kring effekterna av detta. I avvaktan på entydiga forskningsresultat har man på såväl nationell som internationell nivå kommit överens om att verka för en minskning av utsläppen av växthusgaser.



Figur 1.1 Fördelning av globala utsläpp av växthusgaser, omräknade till koldioxidekvivalenter i 100-årsperspektiv enligt IPCC. (ref 25)

Figur 1.1 visar fördelningen av globala växthusgaser omräknade till koldioxidekvivalenter. Detta innebär att det ur figuren går att utläsa att det är mest väsentligt att minska utsläppen av CO₂.

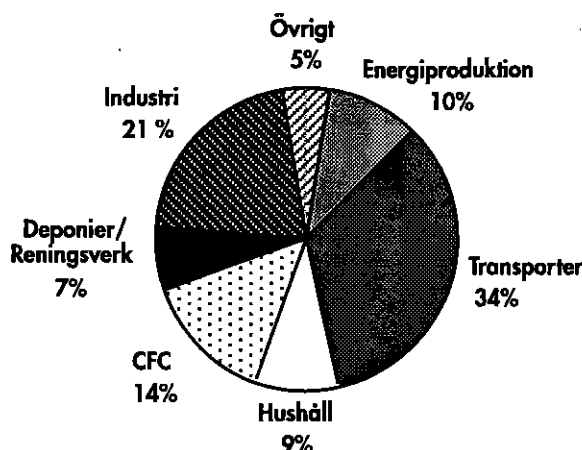
Nettoemissioner av växthusgaser erhålls genom:

- förbränning av fossila bränslen
- förbränning av större mängd skog än mängden återväxande (t.ex. skövling av regnskogsområden)
- utsläpp av naturfrämmande substanser (t.ex. freoner)
- olika sätt att bruka jordar (bl.a. risodlingar och bruk av mulrika jordar)
- ökad djurhållning
- att nedbrytbart organiskt material slängs på soptippar (metanbildning)
- rent naturliga källor (t.ex. våtmarker).

De största utsläppen av CO₂ kommer från förbränning av fossila bränslen.

Förbränning av biobränslen ger också utsläpp av koldioxid. Förutsatt att återväxten av biomassa är lika stor som mängden biomassa som förbränns blir det dock på sikt inget nettotillskott av CO₂ till atmosfären.

I figur 1.2 visas utsläppen av växthusgaser fördelat på olika samhällssektorer. Det framgår att transportsektorn svarar för en tredjedel av växthusgasutsläppen.



Figur 1.2. Växthusgasutsläpp i Sverige (1990) fördelat på sektorer. (koldioxid-ekvivalenter i 100-årsperspektiv). [Källa: IPCC]

Miljöeffekter av utsläpp av växthusgaser:

Omfattningen av växthusgasernas effekt på jordens klimat är mycket omdebatterad. Förutsägelser är svåra att göra eftersom det kräver kunskaper om:

- havens temperaturreglerande förmåga
- hur och om havsströmmarna påverkas
- utbytet av koldioxid mellan atmosfär, land och vatten.

De exakta effekterna av en förhöjd halt av växthusgaser i atmosfären kan inte beskrivas med den kunskap som finns idag. Nedanstående punkter visar några hypoteser om effekterna av en fortsatt obegränsad användning av fossila bränslen. Det finns dock många motsägande röster. Bland annat hävdar vissa forskare att jorden under tidigare perioder haft betydligt högre halter av växthusgaser än idag. Andra forskare hävdar »försiktighetsprincipen« d.v.s. alla rimliga åtgärder bör vidtas eftersom det kan vara försent då vi vet säkert hur klimatet påverkas av en förhöjd mängd växthusgaser.

Hypoteser om effekterna av en fortsatt obegränsad fossilbränsleanvändning:

- Medeltemperaturen på jorden ökar mellan 1,5 och 4 grader till slutet av 2100-talet.

- Temperaturstegringen vid polerna blir väsentligt större än den genomsnittliga.
- Nederbörden omfördelas så att nu halvtorra områden får ännu mindre nederbörd. För våra nordliga breddgrader förutspås mer nederbörd.
- Havsyttans nivå kan komma att stiga med mellan 0,3 - 1 meter till följd av den så kallade termiska expansionen.

Nedbrytning av ozonlagret

Det stratosfäriska ozonskiktet finns mellan 15 och 25 km höjd över jordens yta och består av naturligt bildat ozon. Det stratosfäriska ozonet fångar in delar av solens ultraviolettera strålning, den så kallade UV-B-strålningen. Om ozonlagret försvinner skulle ökningen av UV-strålning på jordytan få allvarliga konsekvenser.

Den främsta anledningen till att ozonlagret bryts ned är att klor- och bromradikaler i utsläppta freoner, haloner och klorhaltiga lösningsmedel reagerar med ozon, med andra ord förbrukar ozon. N_2O bryter ned ozonlagret samtidigt som det är en växthusgas.

Miljöeffekter av nedbrytning av ozonlagret

Ökad UV-B-strålning ökar risken för hudcancer och ögonstarr. [ref 7].

På växter har man påvisat DNA-skador men också ändrade bladstrukturer vilket leder till minskad fotosyntes och därmed minskat koldioxidupptag. Planktonarter i havet söker sig till större djup vid ökad UV-B-strålning vilket minskar biomassaproduktionen och därmed också koldioxidupptaget. Detta kan på sikt komma att minska fiskproduktionen.

1.3.5 Sammanfattande översikt över lokal, regional och global påverkan

I tabell 1.3 har de olika emissionerna sammanfattningsvis kategoriserats efter vilken miljö de främst påverkar. Kategoriseringen är kvalitativ för att ange var de olika emissionsslagen

påverkar miljön mest. Däremot återspeglas ej de kvantitativa följderna av respektive emissionslag. Indelningen är lokal, regional respektive global miljö.

Tabell 1.3 Emissioners påverkan på lokal, regional och global miljö.

ÄMNE		LOKAL	REGIONAL	GLOBAL
Kväveoxider	NO _x	x	x	
Kolmonoxid	CO	x	x	
Kolväten	HC	x	x	
Svaveloxider	SO _x	x	x	
Polyaromatiska				
kolväten	PAH	x		
Bly	Pb	x		
Partiklar		x		
Buller		x		
Lusgas	N ₂ O			x
Koldioxid	CO ₂			x
Freoner	CFC			x
Metan	CH ₄			x

1.4 Sammansättning av naturgas och biogas

Huvudkomponenten i naturgas och biogas är metan (CH₄). Andra ingående komponenter är kolväten, koldioxid, vattenånga och svavelväte. Den exakta sammansättningen varierar beroende på vilken källa gasen kommer ifrån.

Biogas framställs genom biologisk nedbrytning av organiskt material under syrefria förhållanden. Metaninnehållet i biogas varierar med substrat, rötningsmetod m.m.

I Sverige används dansk naturgas från naturgasfältet Tyra. Sammansättningen av dansk naturgas samt biogas med olika framställningssätt framgår av tabellen nedan.

Om ett fordon skall drivas med biogas bör metanhalten höjas till en nivå av 95 till 97 %. Övriga komponenter i biogas bidrar inte till gasens energiinnehåll utan är inerta i förbränningsprocessen. Genom att avlägsna dessa ökas gasens energitäthet. En hög metanhalt ger möjlighet att utnyttja samma tekniska utrustning som för naturgasfordon. Detta ger betydande kostnadsfördelar.

Tabell 1.4. Sammansättning av dansk naturgas och biogaser från olika processtyper. Uppgifterna gäller för torra men i övrigt obehandlade gaser.

KOMPONENTER	DEPONIGAS (Volym % torr gas)	RÖTGAS SLAMRÖTNING (Volym % torr gas)	RÖTGAS ANAEROBFILTER (Volym % torr gas)	DANSK NATURGAS (Volym % torr gas)
Metan	45	68	80	91,1
Koldioxid	35	32	20	0,5
Kvävgas	16	0,2	spår	0,6
Syrgas	4	spår	spår	spår
Vätgas	spår	spår	spår	spår
Svavelväte	<10 ppm	<10 ppm	<10 ppm	spår
Icke metankolväte	<10 ppm	<10 ppm	<10 ppm	7,8
ÖVRIG DATA				
Undre värmevärde (kWh/Nm ³)	4,5	6,8	8,0	10,8
Densitet (kg/m ³)	1,27	1,12	0,97	0,81
Relativ densitet	0,98	0,87	0,75	0,63

1.5 Trafiksituationen i Sverige

1.5.1 Utsläpp från den totala fordonsflottan

Sveriges fordonsflotta bestod 1992/1993 av:

personbilar		3 566 000
bussar		14 000
lätta lastbilar	(<3,5 ton)	230 000
medeltunga lastbilar	(3,5 – 9,99 ton)	19 000
tunga lastbilar	(>10 ton)	52 000

En uppställning över de totala utsläppen från vägtrafiken visas i tabell 1.5.

Trots de relativt små utsläppen från varje personbil ger de sammantaget stora totala utsläpp eftersom antalet är stort. Av tabellen framgår att personbilar är den största utsläppskällan för alla reglerade föroreningar utom partiklar. Därefter är de dieseldrivna tunga fordonen de största förorenarna. Vid granskning av emissionsmängder måste man komma ihåg att värdena förändras beroende på successivt skärpta miljökrav. SO_x utsläppen från vägtrafiken har t.ex. minskat från 11 kton år 1980 till 3 kton år 1992. Likaså minskar katalysatoranvändningen i nyare bensindrivna bilar utsläppen av NO_x, HC och CO. År 1987 var endast 0,3 % av personbilarna utrustade med katalysatorer medan motsvarande siffra år 1992/1993 var 33%.

1.5.2 Vägtrafikens andel av de totala utsläppen

I tabell 1.6 visas vägtrafikens och övriga utsläppskällors andel av de totala luftförorenande utsläppen i Sverige. Tydligt framgår att:

- vägtrafiken lämnar de största bidragen till utsläppen av CO och NO_x
- vägtrafiken bidrar med hälften av kolväteutsläppen
- vägtrafiken bidrar med en fjärdedel av koldioxidutsläppen

Tabell 1.6. Andelen utsläpp från olika utsläppskällor i början av 90 - talet i Sverige. [ref 15 och 22]

KÄLLA		NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	CO
Vägtrafik	[%]	40	3	26	50	77
Sjöfart	[%]	20	21		<1	<1
Luftfart	[%]	2	0	20	<1	<1
Arbetsfordon	[%]	22	1		4	3
Industriella processer samt industriell förbränning	[%]	10	54	24	46	20
El-, gas-, värmeverk	[%]	4	8	15	46	20
Övrigt	[%]	2	13	15	46	20

Tabell 1.5 Utsläpp från vägtrafiken fördelade på slag av fordon [källa SNV ur ref 13 samt ref 22].

UTSLÄPPSKÄLLA		NO _x	HC	CO	PARTIKLAR	SO ₂	CO ₂
(år för undersökning)		(1992)	(1988)	(1985)	(1985)	(1992)	(1992)
Personbilar	[kton]	87	176	1233	3,8	1	
Lätta lastbilar	[kton]	10	13	48	0,3	0	
Tunga lastbilar	[kton]	49	6,1	12	4,1	1	
Bussar	[kton]	13		3	0,8	1	
Övriga vägfordon	[kton]		1,4	14	0,1		11 930
Bensinfordon	[kton]						11 930
Dieselfordon	[kton]						3 260
Summa	[kton]	159	197	1310	9,1	3	27 120

1.6 Lagar, förordningar och bestämmelser som reglerar utsläpp från fordon.

Som ett led i strävan att minska miljöstö-
ningarna från fordonstrafiken har i Sverige
införts miljöklassning av fordon. Incitament
till utveckling av bättre fordon uppnås genom
att fordonsskatten är kopplad till fordonets
miljöklass där fordon med lägre emissioner
beskattas lägre.

För tyngre fordon finns det tre miljöklasser.
Utsläppskraven för de olika miljöklasserna

(MK) framgår av tabell 1.7. I tabellen visas
även EUs nu gällande utsläppskrav (EURO 1)
samt de krav som kommer att gälla fr.o.m.
1996 (EURO 2). För fordon av 1993 års modell
och yngre gäller att de minst måste uppfylla
emissionskraven för miljöklass III (MK III).
Kortfattat är skillnaden mellan MK II och MK
I att MK I även ställer krav på bullernivåer.

En fordonstillverkare kan frivilligt klassa sitt
fordon till en högre miljöklass (klass II eller I)
vilket ger en lägre eller ingen försäljningsskatt
(bilaccis) vilket framgår i tabell 1.8.

Tabell 1.7. Emissionskrav för tunga fordon i Sverige och EU.

		MK III (1993)	MK II (1993) samt EURO 2 (1996)	MK I (1993)	EURO 1 (1993)
NO _x	[g/kWh]	9,0	7,0		8,0
CO	[g/kWh]	4,9	4,0		4,5
HC (NMHC)	[g/kWh]	1,2	1,1 (1,1)		1,1 (1,1)
Partiklar	[g/kWh]	0,4	0,15		0,35
Tryckluftsbuller	[dB]	-	-	72	-
Färdbuller (buss med automatväxel)	[dB]	-	-	77	-
Färdbuller (övriga fordon)	[dB]	-	-	<75 kW 77 75-150 kW 78 >150 kW 80	-

Tabell 1.8 Försäljningsskatt vid inköp av nytt fordon i olika miljöklasser.

FORDONSTYP	MILJÖKLASS 1	MILJÖKLASS 2	MILJÖKLASS 3
Personbil och buss < 3 500 kg	6,40 kr/kg tjänstevikt minskat med 4000 kr	6,40 kr/kg tjänstevikt	6,40 kr/kg tjänstevikt ökar med 2000 kr
Ovriga lastbilar (ej skåpbil) < 3 500 kg	0 kr	4 000 kr	6 000 kr
Lastbilar och bussar, diesel > 3 500, < 7 000 kg	0 kr	6 000 kr	20 000 kr
Lastbilar och bussar, diesel > 7 000 kg	0 kr	20 000 kr	65 000 kr

Dessutom utgår som bekant fordonskatt för alla fordon. Skattesatsen är beroende av fordonstyp, viktklass och om fordonet är diesel-drivet eller ej.

De sedan 1993 gällande reglerna i EU heter EURO 1. Reglerna innebär att alla fordon som säljs efter 1993, oavsett årsmodell, måste uppfylla de i EURO 1 uppställda utsläppskraven. Emissionskraven för MK I och MK II är hårdare, dvs. de tillåtna utsläppsnivåerna är lägre, än i EURO 1. EURO 2 överensstämmer med Miljöklass II (MK II) och träder i kraft 1996.

En stor skillnad mellan Sveriges och EUs regler är att de svenska reglerna innehåller »hållbarhetskrav«. Detta innebär att då fordonet är 5 år gammalt, alternativt har kört 8000 mil, ska en kontroll ske av att fordonet fortfarande uppfyller emissionskraven samt övriga prestandakrav. Om fordonet inte klarar kontrollen är tillverkaren skyldig att tillse att fordonet åter uppfyller kraven. I EU finns inga liknande föreskrifter utan endast en kontroll genomförs då fordonet är nytt. Man planerar dock att införa hållbarhetskrav i EU till år 2000.

De nuvarande skillnaderna i lagstiftningen mellan Sverige och EU har medfört att fordontillverkaren idag endast levererar MK III-fordon. Till europeiska kunder levereras dock Euro 2-fordon.

Försäljningsskatten för de olika miljöklasserna framgår av tabell 1.8. För miljöklass I (MK I) utgår ingen försäljningsskatt.

2. Utsläpp från fordon med olika drivmedel

2.1 Inledning

I detta kapitel redovisas emissioner för olika fordon och olika drivmedel. Det finns två sätt att betrakta emissioner. Ett är att endast fokusera på utsläppen från användarna, d.v.s. vad som kommer ut ur avgasröret. Ett annat är att betrakta hela kedjan från källa till användare. Det innebär att utsläpp som görs vid utvinning, förädling och transport ska inkluderas i drivmedlets totala miljöpåverkan.

Båda betraktelsesätten har sina används i denna rapport. Vid studier av lokal miljöpåverkan används de lokala utsläppen oavsett utsläpp i andra led. Vid studier av global miljöpåverkan används värden på samtliga utsläpp från källa till användare.

Förutsättningar

Olika drivmedel ger varierande värden på skadliga utsläpp. Utsläppsnivåerna beror även till stor del på vilken typ av teknik som används, d.v.s. hur pass miljöanpassade fordonen är till det specifika bränslet.

I denna studie har utsläpp från bussar och personbilar redovisade i olika rapporter valts som underlag för en jämförelse av utsläpp mellan olika drivmedel.

I tabellen visas en uppställning av rapporter som emissionsdata hämtats ifrån samt vilka fordonstyper respektive rapport behandlar. Resultaten från bussarna är i stort sett representativa även för lastbilar som använder

KÄLLA		FORDONSTYP
Drivmedel från källa till användare	[ref 3]	Tunga fordon
Miljöseminarium kollektivtrafik	[ref 8]	
Life of fuels	[ref 10]	Tunga fordon, personbilar
Regulated and Unregulated Exhaust Gas Components from LD Vehicles on Petrol, Diesel, LPG and CNG	[ref 16]	Personbilar
Bussbullermätningar på Engelbrektsgatan	[ref 18]	Bussar
Daewo Dedicated Light Duty NGV II, NGV 1994 Toronto volume 2 EV 26	[ref 24]	Personbil

samma motorteknik etc. samt liknande kör-mönster. Resultaten redovisas uppdelade mellan reglerade och oreglerade emissioner samt växthusgaser. Dieselmotorn ger högre buller varför skillnader i bullernivåer redovisas för bussar.

Mätmetoder

Utsläppsmängderna anges vanligtvis som medelutsläpp för en viss standardiserad testcykel, d.v.s. de är relaterade till ett visst mönster för accelerationer, retardationer, stationär belastning, tomgångskörning o.s.v. De vanligaste testmetoderna är ECE R49 som används för tunga dieselfordon i Europa och FTP som används i USA. Personbilar mäts vanligtvis med FTP-metoden.

Vid mätning enligt ECE R49 mäts utsläppen endast under stationär drift d.v.s. med vissa bestämda varvtal och moment varefter de olika utsläppen viktas och vägs samman. Vid FTP-metoden tas även hänsyn till transient belastning d.v.s. accelerationer och retardationer. FTP-metoden återspeglar bättre verklig körning då hänsyn även tas till transienta belastningar vilket normalt ger högre emissionsvärden.

Resultaten från testcyklerna anges i gram per kilowattimme (motoreffekt) för tunga fordon. Det innebär att angivelsen visar hur mycket föroreningar fordonet släpper ut i relation till körsträckan. Kilowattimmeangivelsen syftar alltså inte på mängden tillfört bränsle till motorn.

För personbilar redovisas uteslutande utsläppsnivåerna som gram per kilometer. Detta betyder att mindre och svagare bilar generellt sett ger lägre emissionsvärden.

2.2 Reglerade emissioner

Nedan redovisas de emissionsresultat som erhållits med ett antal olika fordon med högt utvecklad teknik för begränsning av olika emissionsnivåer.

Bussar

I tabell 2.1 redovisas reglerade emissioner för bussar i (g/kWh) som uppmätts enligt ECE R49 utom för metanolmotorn som uppmätts enligt FTP.

För diesel har emissionskraven enligt MK I (miljöklass 1) använts eftersom det är rimligt att anta att utsläppsnivåer med denna typ av dieselbränsle i den närmaste framtiden kommer att vara normgivande.

Ur tabell 2.1 framgår att naturgasbussar har betydligt lägre emissionsnivåer än vad som krävs av dieselfordon enligt MK I. De totala kolväteutsläppen (HC) för naturgasbussen kan synas höga men utgörs till största del av metan, som är ofarligt jämfört med de tyngre kolväten som erhålles från diesel.

Personbilar

För personbilar redovisas resultat från tre olika fall.

– I en studie från TNO Industrial Research [ref 16] har ett tiotal personbilar emissionstestats. Bilarna var av så kallad »dual fuel«-typ (bensin/LPG), och i vissa fall »triple fuel« (bensin/LPG/CNG) typ och försedda med modern och i vissa fall avancerad teknik. En mycket omfattande mängd data har erhållits och emissionsresultaten redovisas här. Fordonen har testats enligt fem olika kör-mönster och emissionsvärden från kör-mönster enligt FTP redovisas i tabellen.

– Det andra exemplet utgörs av Volvo modell 940 som kan köras på bensin och naturgas. Emissionsresultaten är endast gjorda för ett fåtal fordon och bilarna befinner sig i ett utvecklingsskede. Resultaten är dock mycket bra, utsläppen av kolmonoxid (CO) och kolvä-

Tabell 2.1. Utsläpp av reglerade emissioner från bussar med olika drivmedel räknat per kilowattimme motoreffekt. Samtliga mätningar är utförda enligt ECE R49 utom för metanoltorn där mätningen utförts enligt FTP.

FORDON / MOTOR OCH DRIVMEDEL	NO _x [g/kWh]	CO [g/kWh]	NMHC [g/kWh]	(HC) [g/kWh]	PARTIKLAR [g/kWh]	REF
Diesel MK I (EURO 2)	7	4	1,1	1,1	0,15	
Miljödiesel, katalys. (Scania 1992)	6,3	0,1	0,1	0,1	0,1	3, 8
Naturgasbuss (Volvo, 1992)	2,0	0,3	0,2	2,0	0,05	4
Etanolbuss (Scania)	4,5	0,1	*	0,2	0,05	3
Metanoltorn (DDC 2-takt)	3	*	*	*	0,04	3
LPG ² -buss (Volvo)	2,1	0,3	*	0,2	*	3

* = uppgift saknas / ej uppmätt värde

² Motorgas, gasol och LPG (Liquified Petroleum Gas) är tre namn på samma gas.

Tabell 2.2. Utsläpp av reglerade emissioner från personbilar med olika drivmedel.

EMISSIONER PERSONBILAR [g/km]	NO _x	CO	NMHC	(HC)	PARTIKLAR	TESTMETOD	REF
MK I	0,25	2,5	0,078	2,1	0,05	FTP	
MK II	0,25	2,5	0,16	2,1	0,05	FTP	
<i>Studie TNO</i>							16
Diesel	0,74	0,67	0,033	0,14	0,094	FTP	
Naturgas	0,13	0,45	0,023	0,36	0,025	FTP	
LPG	0,21	0,91	0,11	0,12	0,005	FTP	
Bensin	0,15	1,12	0,13	0,15	0,015	FTP	
<i>Personbil Volvo 940 (Dual Fuel)</i>							26
Bensin	0,052	1,61	0,101	0,12	*	FTP	
Naturgas	0,043	0,317	0,021	0,066	*	FTP	
<i>Personbil Daewoo NGV II (optimerad naturgasbil)</i>							24
	0,06	0,10	0,024	0,15	*	FTP	

* = uppgift saknas / ej uppmätt värde

ten (NMHC) är betydligt lägre än för bensin. Ännu bättre värden kan med största sannolikhet erhållas om en optimering av fordonet för enbart naturgasdrift görs.

– Det tredje exemplet är den koreanska personbilen Daewoo NGV II som utvecklats för

enbart naturgasdrift och som optimerats för att klara de amerikanska emissionskraven ULEV (Ultra Low Emission Vehicle). Mycket låga utsläppsnivåer som uppfyller ULEV har erhållits enligt tillverkarens uppgifter.

Tabell 2.3. Kvalitativ bedömning av oreglerade utsläpp från stadsbuss räknat för drivmedlets hela livscykel. [ref 10]

BUSSAR	OREGLERADE EMISSIONER			
	BENSEN	ALKENER	ALDEHYDER	PAC ³
Diesel MK I	2	3	2	3
Naturgas	0	-	-	0
Biogas	0	-	-	0
Etanol (från biobränsle)	0	2	3	0
Metanol (från biobränsle)	0	-	3	0
Metanol (från naturgas)	0	-	3	0
LPG	-	-	-	-

0	=	inget utsläpp	3	=	större utsläpp	³ PAC (Polyaromatic Compounds) är huvudgruppen där PAH (Polyaromatiska kolväten) ingår. I olika undersökningar mäts PAH eller PAC.
1	=	litet utsläpp	-	=	uppgift saknas	
2	=	medelstort utsläpp				

Tabell 2.4. Utsläpp av oreglerade emissioner för personbilar. [ref 16]

PERSONBILAR	BTX [mg/km]	LÄGRE	PAH [mg/km]
		ALDEHYDER [mg/km]	
Diesel	4	32	62
Naturgas	3	0,4	4
LPG	4	2,4	5,5
Bensin	42	3,9	9

komplexerad kemisk sammansättning ger högre utsläpp av dessa ämnen.

I tabell 2.3 visas en kvalitativ bedömning av olika drivmedels toxiska utsläpp för hela bränslekedjan, d.v.s. från källa till användare, för tyngre fordon. Kvantitativa uppgifter saknas för dessa.

För personbilar redovisas resultat i tabell 2.4 från den holländska studien [ref 16] där resultaten erhållits i absoluta värden. Dessa värden återger utsläpp från fordonen, och således ej för den totala bränslekedjan. En kvalitativ bedömning enligt denna studie återfinns i bilaga 3.

2.3 Oreglerade emissioner

För många av de ämnen som emitteras från fordon finns inga av myndigheterna uppsatta gränsvärden, s k oreglerade emissioner. En stor del av dessa ämnen är mycket skadliga för miljö och hälsa. Exempel på ämnen som ej regleras är polyaromatiska kolväten, aromater (ex. bensen, toluen och xylol, tillsammans benämnda BTX), alkener och aldehyder. Betydelsen av dessa skadliga utsläpp har alltmer aktualiserats. Allmänt gäller att bränslen med

2.4 Emissioner av växthusgaser

Växthusgaser påverkar, som tidigare beskrivits, jordens klimat genom att de reflekterar en del av värmen som strålar ut från jordytan. Utsläppen av växthusgaser påverkar klimatet över hela jorden oberoende av var utsläppen sker. När man diskuterar emissioner av växthusgaser från t.ex. trafiken måste man därför beakta samtliga utsläpp från utvinning, förädling och transport av drivmedlet till utsläppen genom avgasröret.

De växthusgaser som är aktuella när det gäller fordonsdrift är i första hand koldioxid och metan. För att kunna jämföra och väga samman utsläpp av olika växthusgaser redovisas emissionerna som koldioxidekvivalenter.

I tabell 2.5 visas utsläppen av växthusgaser från en buss med olika drivmedel och i tabell 2.6

Tabell 2.5. Sammanlagda utsläppen av växthusgaser från en buss räknat per kilometer. Samtliga utsläpp under hela bränslekedjan från utvinning, förädling och transport av drivmedlet till utsläpp genom avgasröret. [ref 10]

DRIVMEDEL (buss)	VÄXTHUSGASER (g CO ₂ -ekv./km)
Diesel	1600
Naturgas	1370
Biogas	500
Etanol	
från biobränsle	500
Metanol	
från biobränsle	300
Metanol	
från naturgas	1480
LPG	1500

Tabell 2.6. Sammanlagda utsläppen av växthusgaser från en personbil räknat per kilometer. Samtliga utsläpp under hela bränslekedjan från utvinning, förädling och transport av drivmedlet till utsläpp genom avgasröret. [ref 10]

DRIVMEDEL (personbil)	VÄXTHUSGASER (g CO ₂ -ekv./km)
Bensin	370
Naturgas	230
Biogas	70
Metanol	
från biobränsle	70
Metanol	
från naturgas	285
LPG	305

visas motsvarande data för en personbil. Det saknas uppgifter om etanoldrift av personbilar i första hand därför att man hittills koncentrerat insatserna när det gäller ren etanoldrift till tyngre fordon och då främst bussar.

I tabellerna kan man se en tydlig skillnad mellan bränslen som har fossilt ursprung och bränslen som framställts från biologiska råvaror. Av de fossila bränslena ger naturgas klart lägre utsläpp än övriga. Detta är särskilt tydligt för personbilar där en övergång från bensin till naturgasdrift sänker de totala utsläppen med nära 40 %.

De redovisade uppgifterna skall betraktas som ungefärliga eftersom det är mycket svårt att ange utsläppen av växthusgaser i alla led. Utsläppen varierar med olika framställningsmetoder för bränslet och hur stora mängder fossil energi som används vid upparbetningen av bränslet.

2.5 Buller

Bullermätningar har utförts av Malmö miljöförvaltning i maj 1993 [ref 18]. Bullermätningarna är utförda på dieselbussar och naturgasbussar. Uppgifter saknas om buller från fordon drivna med andra alternativa drivmedel. Ljudnivåmätningarna var s.k. emissionsmätningar och kan inte jämföras med vanliga trafikbullermätningar som är immissionsmätningar. Mätningarna genomfördes på de äldre naturgasbussar som då var i drift. Idag används nyare Volvobussar och dessa upplevs som något tystare än sina föregångare.

Ljudnivåmätningarna innehöll två moment:

1. Fordonspassage med tomt fordon i max 40 km/h.
2. Inbromsning till hållplats, stopp 10 sekunder och därefter acceleration.

En halvering av ljudstyrkan motvarar fysikaliskt 6 dB. Örats uppfattning av ljudstyrka är komplicerad, och upplevelsen av en halvering i ljudstyrka motsvarar 9 dB.

Av tabell 2.7 framgår att bullernivån är betydligt lägre vid naturgasdrift än vid dieseldrift, upp till cirka 4 dBA.

Tabell 2.7. Resultat från bullermätningar på naturgas- resp. dieseldrivna bussar. [ref 18]

	DIESEL- BUSS	NATURGAS- BUSS
<i>Moment 1</i>		
mät punkt 1 [dBA]	72,4	70,3
mät punkt 2 [dBA]	72,6	71,5
<i>Moment 2</i>		
mät punkt 1 [dBA]	76,0	73,2
mät punkt 2 [dBA]	80,8	76,8

3. Miljöförändring med naturgasdrift och andra drivmedel

3.1 Inledning

I följande kapitel redovisas de förbättringar eller försämringar i utsläpp som erhålles vid en övergång till ett alternativt bränsle baserat på de värden och uppgifter som redovisats i kapitel 2. Jämförelsen är gjord mot det idag vanligast förekommande bränslet för respektive fordonslag. Tyngre fordon utgörs idag till största del av dieselfordon medan bensindrift dominerar för personbilar. Utsläppsnivåerna redovisas som en relativ förändring uttryckt i procent. I figur 3.1 visas de relativa utsläppsnivåerna för tyngre fordon i förhållande till diesel och i figur 3.2 visas motsvarande för personbilar i förhållande till bensindrift.

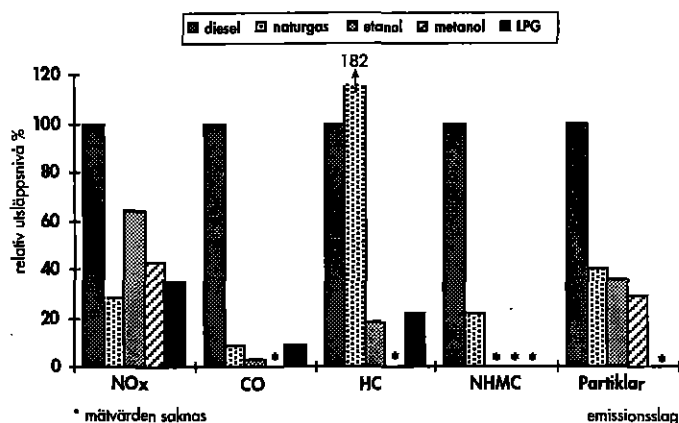
3.2 Reglerade emissioner

Bussar

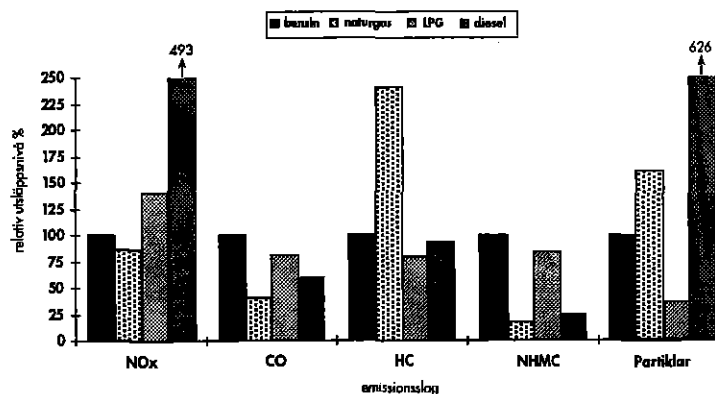
Av figur 3.1 framgår att bussar som drivs med naturgas och LPG endast släpper ut en tredjedel kväveoxider jämfört med dieseldrivna bussar. En anmärkningsvärd reduktion av kolmonoxid erhålles för samtliga alternativ dock saknas uppgifter om dessa för metanol. Det totala HC-utsläppen kan synas höga för naturgas men dessa utgörs till största del av metan. Ser man till utsläpp av NMHC som bland annat utgörs av cancerogena och reaktiva kolväten, så är dessa endast en fjärdedel jämfört med diesel. En kraftig reduktion av partikelutsläpp, ca 60 procent erhålles för samtliga alternativa bränslen.

För personbilar framgår av figur 3.2 att naturgasdrift ger betydligt lägre koloxidutsläpp och NMHC.

Figur 3.1. Relativa utsläppsnivåer från tyngre fordon som drivs med naturgas, etanol, metanol och LPG i förhållande till diesel.



Personbilar



Figur 3.2. Relativa utsläppsnivåer av reglerade emissioner för personbilar i förhållande till bensin [ref 16].

3.3 Oreglerade emissioner

Bussar

Då kvantitativa uppgifter för oreglerade emissioner saknas för tyngre fordon kan de kvalitativa uppgifterna i tabell 2.3 sammanfattas enligt följande:

En övergång från diesel till naturgas ger betydligt lägre utsläpp av:

- Bensen
- Alken
- Aldehyder
- PAH

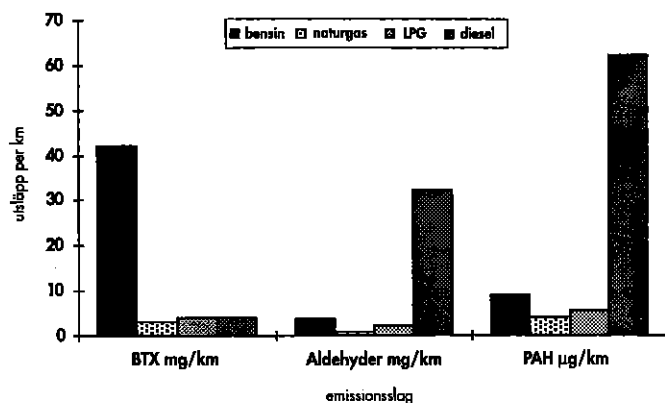
En övergång från diesel till alternativa bränslen visar beträffande icke reglerade emissioner att:

- Naturgas är den enda av naturgas, etanol och metanol som ger en positiv förändring av aldehydutsläppen.
- Naturgas, etanol och metanol ger lika stor minskning av bensen och PAH.
- Naturgas och metanol ger lika stor minskning av alkenutsläpp medan minskningen med etanol är mindre.

Personbilar

För personbilar presenteras utsläppen per kilometer istället för relativa utsläppsnivåer för att möjliggöra en grafisk framställning.

Figur 3.3. Utsläppsnivåer av oreglerade emissioner för personbilar [ref 16].



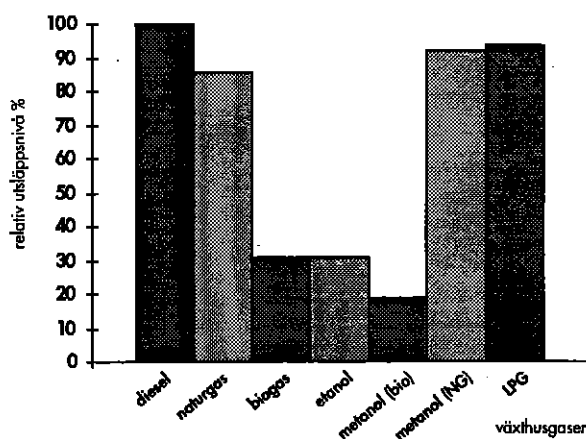
Av figur 3.3 framgår att bensen ger mycket höga utsläpp av bensen, toluen och xylen (BTX) medan diesel medför mycket höga utsläpp av aldehyder och PAH. Naturgas ger så gott som obefintliga utsläpp av aldehyder, till skillnad från diesel, samt mycket lägre utsläpp av BTX än bensen och mycket lägre utsläpp av PAH än diesel.

3.4 Växthusgaser

Bussar

Av figur 3.4 framgår att samtliga biobränslen skiljer sig markant från de fossila bränslena vad gäller emissioner av växthusgaser.

En övergång från diesel till naturgasdrift och LPG medför dock en minskning av växthusgasutsläppen med cirka 10 – 15 %. Naturgas ger möjlighet att utan större tekniska förändringar gå över till biogas, ett förnybart bränsle som inte ger något nettotillskott av växthusgaser.

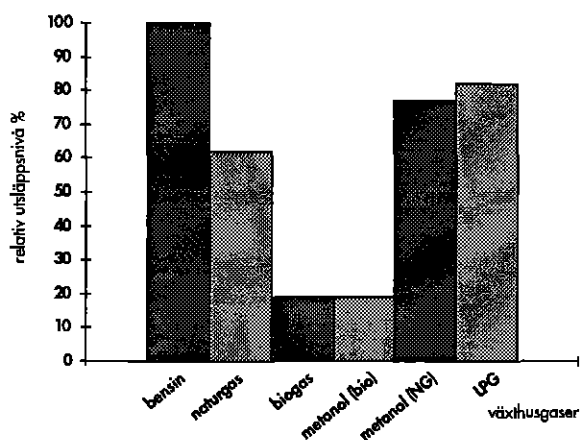


Figur 3.4. Relativa utsläpp av växthusgaser för bussar under hela bränslekedjan för ett antal fossila bränslen och biobränslen jämfört med diesel.

Personbilar

Av figur 3.5 framgår att biogas och bioproducerad metanol ger en mycket låg utsläppsnivå av växthusgaser. Bensen som idag är det dominerande bränslet för personbilar ger det största

utsläppet av de fossila bränslena. Naturgas ger den lägsta nivån av dessa, cirka 40 % lägre än bensin.



Figur 3.5 Relativa utsläpp av växthusgaser för personbilar under hela bränslekedjan för ett antal fossila bränslen och bio-bränslen jämfört med bensin.

3.5 Bullernivåer

De slutsatser som kan dras av tidigare redovisade bullermätningar kan sammanfattas enligt följande:

- vid jämn hastighet på plant och slätt underlag i stadsmiljö dominerar däck och vindbrus ljudbilden. Skillnaden ur akustisk synpunkt mellan gasbussar och diesel-drivna bussar är liten (1 - 2 dBA).
- Vid acceleration dominerar motorljudet. Skillnaden är markant till gasbussarnas fördel (3 - 4 dBA).

Som en ytterligare informationskälla kan man i [ref 5] läsa:

»Då dieseldrivna tunga fordon ersätts med naturgasdrivna tunga fordon förväntas bullernivån sjunka med 10 dB vilket innebär en halvering av bullernivån⁴. Detta gäller dock endast om hastigheten är mindre än 70 km/h, eftersom däck-/vägbaneljud blir dominerande vid högre hastigheter.«

⁴ Enligt [ref 21] upplevs en minskning med 10 dBA som en halvering av ljudnivån.

3.6 Praktiskt exempel på reducerade utsläpp med naturgas som bränsle

Som exempel på möjliga förbättringar med naturgas som bränsle redovisas i bilaga 1 tabeller med de utsläpp som erhålles från en stadsbuss under ett års körning (6000 mil). I bilagorna redovisas även resultat för andra alternativa bränslen. Beräkningarna är gjorda med utgångspunkt från utsläppsvärdena i tabell 2.1.

MED NATURGAS ISTÄLLET FÖR DIESEL SOM BRÄNSLE ERHÅLLS FÖLJANDE FÖRBÄTTRINGAR FÖR EN STADSBUSS UNDER ETT ÅRS KÖRNING:

Reglerade emissioner

- Utsläppen av NO_x reduceras kraftigt från cirka 2000 kg till 650 kg motsvarande 69 %.
- Partikelutsläppen reduceras från 42 kg till 16 kg, en reduktion motsvarande 63 %.
- Utsläpp av NMHC, vilka är skadliga för hälsa och närmiljö minskar från 325 kg till 65 kg motsvarande 80 %.
- Kolmonoxidutsläpp reduceras drastiskt från 1200 kg till 100 kg, en minskning med 92 %.

Växthusgaser

- Utsläpp av växthusgaser reduceras. Utryckt i CO₂-ekvivalenter minskar utsläppen från 96 000 kg till 82 000 kg vilket innebär en minskning med 15%.

Oreglerade emissioner

- Naturgasdrift ger en kraftig minskning i utsläpp av reaktiva och cancerogena kolväten.
- Betydligt lägre utsläpp av alkener och aldehyder.

4. Ekonomisk jämförelse av olika drivmedelsalternativ – ett exempel

För att ett alternativt drivmedel ska få genomslagskraft krävs det, utöver de positiva miljöeffekterna, att det är ekonomiskt försvarbart. För detta krävs ett acceptabelt drivmedelspris, en rimlig fordonskostnad och en anpassning av skatter i enlighet med eftersträvd miljöeffekt. Detta ställer inte minst krav på statsmakterna vad gäller skatter och avgifter så att dessa ej utgör ett hinder för introduktion och varaktighet för miljövänliga drivmedel.

Exempel:

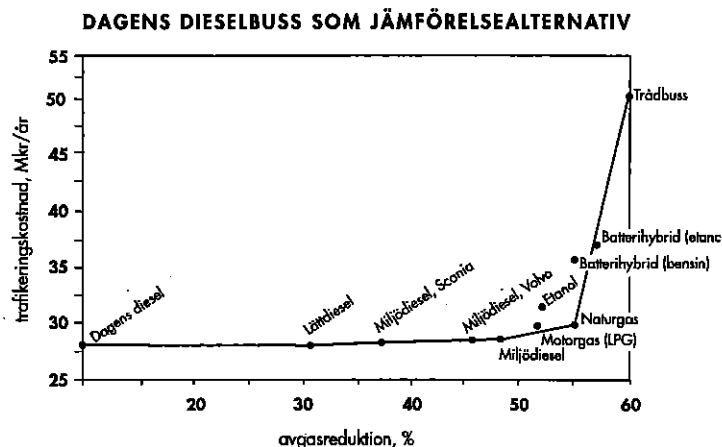
Det följande kostnadsexemplet gör inte anspråk på att vara mer än ett försök att skumma på ytan av de ekonomiska förhållandena men exemplet kan ses som en fingervisning om de olika drivmedlens ekonomiska förutsättningar.

Studie i Sundsvall och Linköping med kollektiv busstrafik

I en lokal studie som bedrevs i Linköping och Sundsvall 1989/90 rangordnades olika drivmedel efter trafikeringskostnad (drift och kapitalkostnad för bussarna) och avgasreduktion. Studien var inriktad på att utreda alternativa drivmedel till de dieseldrivna bussarna i tätortskärnorna.

Studien visade på en något högre drivmedelskostnad för Sundsvall jämfört med Linköping vilket antogs bero på backigare körförhållanden och att beräkningarna gjorts i olika års prisnivåer. Det viktiga som noterades är dock

att konkurrensförhållandena mellan bränslealternativen är desamma för de båda orterna. Konkurrensförhållandet mellan de olika bränslealternativen beskrivs i figur 4.1. Linjen i figuren visar den fördelaktigaste kombinationen mellan kostnad och avgasreduktion.



Figur 4.1 Sambandet mellan de årliga trafikeringskostnaderna⁵ och procentuell avgasreduktion (NO_x – ekvivalenter⁶) för olika drivsystem. [ref 1]

Från diagrammet kan man dra följande slutsatser:

- Naturgasdrift är ett av de intressantaste alternativen för att minska miljöbelastningarna. Avgasutsläppen kan reduceras med 90 % trots att kostnaden endast blir 10 % högre än kostnaden för lättidieselalternativet.

⁵ Trafikeringskostnad är drift och kapitalkostnad för bussarna.

⁶ Utsläpp av NO_x, HC, CO, SO₂ (svaveldioxid), partiklar och bly har i [ref 1] vägts samman till NO_x – ekvivalenter.

- Lärtdieseln är billigast men klarar knappt de kommande svenska avgaskraven för tunga fordon.
- Etanolbussar och motorgasbussar (LPG) måste bli något billigare för att bli konkurrenskraftiga ur miljösynpunkt. (För etanolbussarna är drivmedelskostnaden av avgörande betydelse.)
- Trådbussen är det bästa miljöalternativet men innebär mycket höga kostnader.

Trådbussar ger den största avgasreduktionen men också den högsta kostnaden. Naturgas ger en 90 procentig reduktion av avgasutsläppen och ger en ökad trafikeringskostnad med cirka 10% eller 3 Mkr/år (diesel 26 Mkr/år och Naturgas 29 Mkr/år).

5. Slutsatser – naturgas och biogas som fordonsbränsle

5.1 Miljöpåverkan

Vägtrafiken är den dominerande källan till luftföroreningar. Trafikens emissioner av skadliga ämnen ger upphov till skador på naturen och människors hälsa. Genom användning av naturgas och biogas som fordonsbränsle istället för diesel och bensin kan förbättringar i främst den lokala men även i den regionala och globala miljön göras.

LOKAL MILJÖPÅVERKAN

- Naturgas och biogas som fordonsbränsle istället för diesel ger en kraftig förbättring av den lokala miljön genom lägre utsläpp av kväveoxider, partiklar, kolmonoxid, reaktiva cancerogena kolväten och andra oreglerade hälsofarliga ämnen. Likaså blir bullernivåerna lägre med gasdrift än med dieseldrift.

REGIONAL OCH GLOBAL MILJÖ

- Vid bränslebyte erhålls en förbättrad regional och global miljö genom lägre utsläpp av försurande gaser, såsom kväveoxider och svaveloxider, samt mindre bildning av sommar- och vintersmog. Det totala utsläppet av växthusgaser minskar när man beaktar alla led från utvinning, förädling och transport av drivmedlet till utsläpp genom avgasrörret med naturgas som bränsle. Biogas ger en kraftig reduktion av utsläpp av växthusgaser då inget nettotillskott erhålls.

INFRASTRUKTUR

- Förutom de miljövinster som kan göras på emissionsidan kan vinster också göras på distributionssidan, då naturgasen transporteras i rörledningar ända fram till fordonets egen tank. Bensinångor från tankning undviks. Biogas kan även tjäna som ett komplement till naturgasen då denna produceras lokalt. Detta innebär att vägtransporter av bränsle undviks. Naturgas behöver ej heller raffinerats. Oljeraffinering innebär såväl kostnader som miljöpåverkan.

5.2 Trafikeringskostnader

Naturgas är ett av de mest fördelaktiga alternativen för att reducera utsläpp av kväveoxider och andra skadliga ämnen. Av exemplet i kapitel 4 framgår att avgasutsläppen kan reduceras med 90% till en kostnad som endast överstiger lätttdieselalternativet med 10%.

Etanol är också ett alternativt bränsle som är aktuellt inom transportsektorn. På flera ställen i landet bedrivs försök med etanol som drivmedel. Etanol är dock ungefär 60 % dyrare än naturgas. Naturgas och etanol har i vissa sammanhang betraktats som konkurrerande drivmedel. Dessa drivmedel står dock ej i ett motsatsförhållande. Naturgas och etanol har båda klara miljöfördelar jämfört med bensin och diesel. Båda har olika geografiska förutsättningar och bör bl.a. därför snarare fungera som

komplement till varandra. Etanol kan tillverkas på valfri ort och kan lätt transporteras medan naturgas är begränsat till områden inom naturgasnätets räckvidd.

5.3 Synergieffekter med naturgas som bränsle

En naturgassatsning kan vara en väg till en realistisk användning av biogas i större skala. Tekniken för fordon och tankning är densamma för biogas och naturgas vilket innebär att samma fordon kommer att kunna köra på naturgas och biogas. Naturgasens utbredning är för närvarande begränsad till de sydvästra delarna av Sverige. En utbyggnad av biogasanläggningar för fordonsdrift kan tjäna som försörjning åt lokala fordonsflottor.

Tillgången på biobränslen är begränsad både globalt och i ett svenskt perspektiv. Därför är det inte realistiskt att ersätta allt fossilt bränsle inom transport- och energisektorn med biobränsle. Av hänsyn till miljön bör de fossila bränslen som fortsättningsvis används väljas så att de ger minsta möjliga påverkan på lokal,

regional och global miljö. Ur denna synvinkel ter sig naturgas som ett mycket bra alternativ.

5.4 Slutsats

Naturgas och biogas är miljövänliga bränslealternativ till de konventionella drivmedlen diesel och bensen. Emissionsnivåerna av partiklar, kolmonoxid, svaveloxid, kväveoxider och hälsofarliga kolväten är betydligt lägre för dessa bränslen än för diesel och bensen. Utsläppen har liten miljöpåverkan på den lokala miljön, omfattar endast små utsläpp av försurande gaser och ger lägre utsläpp av växthusgaser. Biogas är dessutom ett förnyelsebart drivmedel med långsiktiga miljöfördelar.

Naturgas står sig mycket väl i en situation där man söker ett miljövänligare och ekonomiskt bränslealternativ. Detta förutsätter dock att skatter och avgifter anpassas så att dessa ej utgör ett hinder för den fortsatta introduktionen av miljövänliga naturgas- och biogasdrivna fordon. Naturgasdrift kan bidra till ett ökat nationellt oberoende eftersom naturgasanvändningen ger draghjälp till utnyttjande av inhemskt producerad biogas.

Referenser

1. Lind, Gunnar och Lindqvist, Esbjörn; *Miljövänlig kollektivtrafik med buss, Konsekvenser av olika drivsystem*; TFB-meddelande 156, Sep. 1990;
2. *When great minds come together...*, info. från SISU, VTT m.fl., Finland.
3. Mats Ekelund et. al.; *Drivmedel från källa till användare*; Ecotrafic AB; Vattenfall FUD U(G) 1990/63
4. H. Boman; *Metanreduktion i katalysatorer för naturgasmotorer*; Vattenfall Energisystem AB; NGC rapport 87-89309-87-1; Mars 1993
5. Magnus Blinge, Anders Roth; *Naturgas: Ett bränslealternativ för tunga fordon i Göteborg*; Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för transportteknik; Maj 1989.
6. *Gasnytt* ; Nr. 3/94, sidan 11.
7. *Energibranschens Miljööbok*; Luftföroreningar, Utsläpp och påverkan; Häfte 3, Version 1; 1993.
8. Ingvar Blücker, Ingemar Carlson; *Miljöseminarium - kollektivtrafik*; ECOTRANS Konsulter; Malmö; 1993.
9. *Nordiska GasBussProjektet Slutrapport projekt 2*, KFB 1993:16; ISBN 91-88370-49-6; ISSN 0282-8014; Ecotrafic R&D AB; September 1993.
10. *Life of Fuels*; Ecotrafic AB; Stockholm; Mars 1992.
11. *TRENDS*, alternative motor fuels; *Unregulated emissions*; IEA (International Energy Agency); No. 91:1, Feb. 1991.
12. *Växthusgaserna, utsläpp och åtgärder i internationellt perspektiv*; Naturvårdsverket rapport 4011; 1 december 1991.
13. *Trafik, miljö och hälsa - en lägesrapport*; IVA-Rapport 379; Ingenjörskademin; ISBN 91 7082 489 4; ISSN 0348-7393; Stockholm 1990.
14. *Miljöeffekter Kompendium i miljövard del 4*; Miljövardscentrum; KTH; Jönköping 1990.
15. *Trafiken - ett kommunikationsproblem*; Naturvårdsverket informerar; SNV 90-12.
16. *Regulated and Unregulated Exhaust Gas Components from LD Vehicles on Petrol, Diesel, LPG and CNG*, TNO Industrial Research; Delft, Nederländerna; 26 Oct. 1993
17. *Trafik och miljö, Underlagsrapport till aktionsprogram*; Naturvårdsverket; Stockholm; 1993
18. *Bussbullermätningar på Engelbrektsgatan, Mätrapport*; Malmö Miljöförvaltning; Maj 1993.

19. *Ecomonthly, Future Transport Systems and Motor Fuels*; No. 94:7 Aug. 1994
20. *Framtidens bilar; En energi- och miljöstudie; Huvudrapport*; STOSEB; Stockholm; Maj 1994.
21. *Akustik och buller*; Johnny Andersson; 3:e upplagan; Åkersberga; 1978.
22. *Utsläpp till luft i Sverige av svaveldioxid, kväveoxider och koldioxid*, 1992 SCB; Na 18 SM 9401; 16 februari 1994.
23. *NGV 94 International Conference & Exhibition, volume 3; PMD01; The Introduction of the First OEM-Cars in Sweden*; s. 913; Per Carlsson; Göteborg Energi AB, Sweden; 1994.
24. *NGV 94 International Conference & Exhibition, volume 2: EV 26 Daewo Dedicated Light Duty NGV II*.
25. *SNV Rapport 4011*.
26. *Volvos naturgasfordon, Methane*; Volvo AB, 1995.

Muntliga referenser

1. Lennart Erlandsson; Svensk Bilprovning AB, Miljöklassutredningen inom Miljödepartementet.
2. Anna Lundborg; Vattenfall Utveckling AB.

Bilaga 1

Resultattabeller för tunga fordon

Reglerade emissioner

Följande tabeller redovisar förändringar av miljöpåverkan vid alternativ drift jämfört med dieseldrift för en stadsbuss under ett års körning. Beräkningarna bygger på utsläppsnivåer i tabell 2.1, kapitel 2. Antagen körsträcka är 6000 mil/år. Tabell 1 är en sammanfattning av tabellerna 2 – 5.

Sammanfattande jämförelse av alternativa drivmedel

Tabell 1. Utsläppsförändring vid byte från diesel- till alternativ drift. Antagen körsträcka 6000 millär. Minustecken betecknar minskning. Värden inom parentes avser NMHC.

UTSLÄPPSFÖRÄNDRING VID BYTE FRÅN DIESEL TILL DRIFT MED:	NO _x	CO	HC (NMHC)	PARTIKLAR
Naturgas	- 69 %	- 92 %	(- 80 %)	- 63 %
Etanolbuss	- 36 %	- 97 %	- 82 %	- 64 %
Metanolbuss	- 57 %	ej mätt	ej mätt	- 71 %
LPG-buss	- 65 %	- 91 %	- 78 %	ej mätt

Diesel – Naturgas

Tabell 2. Utsläppsförändring vid byte från diesel- till naturgasdrift. Antagen körsträcka 6000 millär. Minustecken betecknar minskning.

UTSLÄPPSFÖRÄNDRING	NO _x	CO	HC ^a (NMHC)	PARTIKLAR
Dieselbuss [kg/år]	2 060	1 170	325	42
Naturgasbuss [kg/år]	640	96	640 (64)	16
Förändring för en buss under ett års körning [kg/år]	- 1420	- 1075	+315 (- 261)	- 26
Procentuell förändring	- 69%	- 92%	+97% (- 80%)	- 63%

Diesel – Etanol

Tabell 3. Utsläppsförändring vid byte från diesel- till etanoldrift. Antagen körsträcka 6000 millär. Minustecken betecknar minskning.

UTSLÄPPSFÖRÄNDRING	NO _x	CO	HC (NMHC)	PARTIKLAR
Dieselbuss [kg/år]	2 060	1 170	325	42
Etanolbuss [kg/år]	1 320	30	60	15
Förändring för en buss under ett års körning [kg/år]	- 740	- 1 140	- 265	- 27
Procentuell förändring	- 36 %	- 97 %	- 82 %	- 64 %

Diesel – Metanol

Tabell 4. Utsläppsförändring vid byte från diesel- till metanoldrift. Antagen körsträcka 6000 millär. Minustecken betecknar minskning.

UTSLÄPPSFÖRÄNDRING	NO _x	CO	HC (NMHC)	PARTIKLAR
Dieselbuss [kg/år]	2 060	1 170	325	42
Metanolbuss [kg/år]	882	ej mätt	ej mätt	12
Förändring för en buss under ett års körning [kg/år]	- 1 178	ej mätt	ej mätt	- 30
Procentuell förändring	- 57 %	ej mätt	ej mätt	- 71 %

Diesel – LPG

Tabell 5. Utsläppsförändring vid byte från diesel- till LPG-drift. Antagen körsträcka 6000 millär. Minustecken betecknar minskning.

UTSLÄPPSFÖRÄNDRING	NO _x	CO	HC (NMHC)	PARTIKLAR
Dieselbuss [kg/år]	2 060	1 170	325	42
LPG-buss [kg/år]	732	102	72	ej mätt
Förändring för en buss under ett års körning [kg/år]	- 1 328	- 1 068	- 253	ej mätt
Procentuell förändring	- 65 %	- 91 %	- 78 %	ej mätt

Bilaga 2

Resultattabeller från tunga fordon

Beräkningarna har utgått från utsläppsvärdena i tabel 2.5. Antagen körsträcka är 6000 mil/år. Tabell 1 sammanfattar tabellerna 2 – 5.

Växthusgaser

Tabell 1. Jämförelse mellan diesel och alternativ drift beträffande växthusgaser.

<i>Byte från diesel- till alternativa drivmedel</i>	
PROCENTUELL FÖRÄNDRING JÄMFÖRT MED DIESELBUSS VÄXTHUSGASER	VÄXTHUSGASER CO ₂ - EKVIVALENTER
Naturgas	- 15%
Etanol	- 69%
Metanol (naturgas/skogsbränsle)	- 7% / - 81%
LPG	- 6%
Minustecken betecknar minskning	

Tabell 2. Jämförelse mellan diesel och naturgasdrift beträffande växthusgaser.

<i>Byte från diesel- till naturgasdrift</i>	VÄXTHUSGASER CO ₂ - EKVIVALENTER
UTSLÄPP	
Dieselbuss	96 000 kg/år
Naturgasbuss	82 000 kg/år
UTSLÄPPSFÖRÄNDRING	
Förändring per buss	- 14 000 kg/år
Procentuell förändring	- 15%
Minustecken betecknar minskning	

Diesel – Etanol

<i>Byte från diesel- till etanoldrift</i>	VÄXTHUSGASER CO ₂ - EKVIVALENTER
UTSLÄPP	
Dieslbuss	96 000 kg/år
Etanobuss	30 000 kg/år
UTSLÄPPSFÖRÄNDRING	
Förändring per buss	- 66 000 kg/år
Procentuell förändring	- 69 %

Minustecken betecknar minskning.

Tabell 3. Jämförelse mellan diesel och etanoldrift beträffande växthusgaser.

Diesel – Metanol

<i>Byte från diesel- till metanoldrift</i>	VÄXTHUSGASER CO ₂ - EKVIVALENTER
UTSLÄPP	
Dieslbuss	96 000 kg/år
Metanobuss (naturgas/skog)	89 000 / 18 000 kg/år
UTSLÄPPSFÖRÄNDRING	
Förändring per buss (naturgas/skog)	- 7 000 / - 78 000 kg/år
Procentuell förändring (naturgas/skog)	- 7 % / - 81 %

Minustecken betecknar minskning.

Tabell 4. Jämförelse mellan diesel och metanoldrift beträffande växthusgaser.

Diesel – LPG

<i>Byte från diesel- till LPG-drift</i>	VÄXTHUSGASER CO ₂ - EKVIVALENTER
UTSLÄPP	
Dieslbuss	96 000 kg/år
LPG-buss	90 000 kg/år
UTSLÄPPSFÖRÄNDRING	
Förändring per buss	- 6 000 kg/år
Procentuell förändring	- 6 %

Minustecken betecknar minskning.

Tabell 5. Jämförelse mellan diesel och LPG-drift beträffande växthusgaser.

Bilaga 3

Resultattabell för personbilar och lätta lastbilar

Nedanstående tabell presenteras såsom den presenteras i [ref 16]. Tabellerna bygger på utsläppsnivåer i tabell 2.2. På slutet av tabellen sammanfattas det ovanstående.

LOKALA TOXISKA EFFEKTER	CO	NO ₂	PARTIKLAR	LÄGRE ALDEHYDER	
Diesel	+	—	—/-	—/-	
Naturgas	++	+	0	+ / ++	
LPG	0/+	0	+	0	
Bensin	0	0	0/+	0	
LÅNGSIKTIGA TOXISKA EFFEKTER	PAH	BTX	LÄGRE ALDEHYDER	SUMMA	
Diesel	-	0	-	-	
Naturgas	+	0	+	+	
LPG	+	0	0	0/+	
Bensin	0	-	0	-/0	
REGIONALA OCH GLOBALA EFFEKTER	SOMMAR- SMOG	VINTER- SMOG	FÖRSURNING	VÄXTHUS- EFFEKT	SUMMA
Diesel	—	-	-	-/0	-
Naturgas	+	0	0/+	0/+	0/+
LPG	0	0/+	0/+	0	0/+
Bensin	-	0	0	-/0	-/0
SUMMERADE EFFEKTER	DIREKT TOXISKA	LÅNGSIKTIGT TOXISKA	REGIONALT/GLOBALT		
Diesel	—/-	-	-		
Naturgas	+ / ++	+	0/+		
LPG	0/+	0/+	0/+		
Bensin	0	-/0	-/0		

Tabell 1. Sammanfattande bedömningar i studie över personbilar och lätta lastbilar. [ref 16]

++ mycket bättre än genomsnittet - sämre än genomsnittet
 + bättre än genomsnittet — mycket sämre än genomsnittet
 0 genomsnittlig

95-08-21

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 gasrörssystem 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

95-08-21

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projekt. AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen AF-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

95-08-21

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 läggingsbox.	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

95-08-21

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	0
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
A01	Fordonstankstation Naturgas. Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers	Feb 95	Per Carlsson Göteborg Energi	50

95-08-21

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
A02	Uppföljning av gaseldade luftvärmare vid Arlövs Sockerraffinaderi	Jul 95	Rolf Christensen Enercon RC	50
A03	Gasanvändning för färjedrift. Förstudie (Konfidentiell)	Jul 95	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult	0
A04	Bussbuller. Förslag till mätprogram	Jun 95	Ingemar Carlsson Ecotrans Teknik AB	50



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 19011, 200 73 MALMÖ
Telefon: 040- 37 55 90
Telefax: 040- 37 55 96

KFS AB, LUND