
Rapport SGC 074

GASBLANDNINGAR FÖR FORDONSDRIFT
Idéstudie

Ola Hall
Sydkraft Konsult AB

Augusti 1996



Rapport SGC 074
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--74--SE

Rapport SGC 074

GASBLANDNINGAR FÖR FORDONSDRIFT

Idéstudie

Ola Hall
Sydkraft Konsult AB

Augusti 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 e dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

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

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

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB


Jörgen Thunell



GASBLANDNINGAR FÖR FORDONSDRIFT

Idéstudie

Malmö 960829
SYDKRAFT KONSULT
Industri- och gasteknik
Ola Hall

SYDKRAFT KONSULT

HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE: MALMÖ
KALMAR
ÄLMHULT
STOCKHOLM
SUNDSVALL

BESÖKSADRESS/VISITING ADDRESS:
CARL GUSTAFS VÄG 4
ESPLANADEN 27
STORGATAN 16
OLOF PALMES GATA 31
LANDSVÄGSALLÉN 4

POSTADRESS/POSTAL ADDRESS:
S-205 09 MALMÖ, SWEDEN
BOX 735, S-391 27 KALMAR, SWEDEN
BOX 607, S-343 24 ÄLMHULT, SWEDEN
S-101 53 STOCKHOLM, SWEDEN
BOX 850, S-851 24 SUNDSVALL, SWEDEN

TELEFON/TELEPHONE:
+46 (0)40-25 60 00
+46 (0)480-598 70
+46 (0)476-562 25
+46 (0)8-677 25 70
+46 (0)60-19 68 80

TELEFAX/FAX:
+46 (0)40-97 47 74
+46 (0)480-162 36
+46 (0)476-713 43
+46 (0)8-677 25 75
+46 (0)60-19 68 81

TELEK:
32810 skdmim s

INTERNET:
VD @ skkb.sydkraft.se

0 SAMMANFATTNING

Denna rapport som gjorts på uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center, SGC, behandlar egenskaper hos olika gasblandningar och deras lämplighet som fordonsbränsle. De blandningar som berörs är

- Gasol i naturgas
- Propan/luft i naturgas
- Naturgas i biogas
- Gasol i biogas

Gasol i naturgas ger den blandade gasen ett högre värmevärde än enbart naturgas. Vidare ändras gasens kompressibilitetsfaktor vilket ger högre densiteten för komprimerad gas. Sammantaget innebär detta att energitätheten i en fordonstank kan ökas med 50% genom inblandning av 20% gasol. Det ekonomiska incitamentet är dock litet på grund av kostnader för inblandningsutrustning, varmhållning av fordonstankar samt en högre bränslekostnad. Gasolinblandning kan dock vara intressant i ett europeiskt perspektiv eftersom man genom inblandning av små kvantiteter gasol kan utjämna skillnader i sammansättning hos naturgasen som finns inom Europa. Detta är viktigt i de fall ett enhetligt naturgasbränsle skall skapas.

Propan/luft används idag för peakshaving på naturgas nätet. Gasblandningen är inte lämplig som ersättning till naturgas i fordon på grund av lägre oktantal samt kondensationsrisk i tankar. Möjligen kan inblandning ske om körsträckan begränsas så att trycket i tankarna inte tillåts sjunka under 100 bar.

Naturgas i biogas som renats och delvis uppgraderas till minst 80% metanhalt ger en gas som har goda förutsättningar att uppfylla föreslagen biogasstandard med 98% metanhalt utan någon omställning av motorn. Naturgashalten måste dock vara hela 60%. Kostnaden för rening bedöms bli väsentligt lägre än för en fullständig uppgradering. Tekniken kan således erbjuda enklare lösningar för användning av biogas genom att använda den tillsammans med naturgas.

Gasolinblandning i biogas har undersökts med tre olika standards.

1. Naturgasstandard
2. Biogasstandard
3. Övriga

Genom inblandning av ca 7% gasol i uppgraderad biogas med 98% metan erhålls en med naturgas helt utbytbar gas. Således kan identiska fordon användas utan omställning för såväl biogas som naturgas. Gasolinblandning i biogas ger en förlängning av körsträckan med ca 15%. Under förutsättning att avsättning finns för den något större gasmängd som gasolinblandningen innebär gasolinblandningen ingen kostnadsbelastning för biogasen. Uppgraderingen till naturgaskvalité underlättar hela uppbyggnaden av gasdrift för fordon där biogas och naturgas samverkar.

Att uppnå biogasstandard genom inblandning av gasol som alternativ till uppgradering ter sig svårt. För att uppnå biogasstandard måste biogasen först uppgraderas till minst 90% metanhalt. Dessutom måste tändningen ställas om på lägre oktantal.

För övriga mindre lokala anläggningar för omkring 100 kW producerad gas kan metoden med gasolinblandning göra det möjligt att producera biogas som ger en körsträcka som är lika lång som för uppgraderad biogas med 98% metan till en kostnad som är lägre än för diesel. Det är dock troligt att motorn måste ställas om, dock endast mjukvarumässigt om man i samma fordon skall tanka naturgas eller annan biogas.

Parallellt med utvecklingen mot standardiserade bränsle pågår utveckling av utrustning som känner av bränslet och ställer in motorn efter detta. Utveckling av metantalsmätare som kontinuerligt mäter metantalet och ställer om motorn efter det finns utvecklade för stationära motorer.

Förslag till fortsatt arbete

- Undersöka möjligheterna till en gemensam standard för naturgasbränsle i Europa genom inblandning av små kvantiteter i vissa av de förekommande naturgaskvaliteterna.
- Utföra tester med propan/luftinblandning i naturgas
- Vidareutveckla och testa naturgasinblandning i biogas
- Demonstration av biogas med naturgaskvalitet i en anläggning
- Undersöka tekniken att ställa om motorn med metantalsmätare etc

INNEHÅLL

0 SAMMANFATTNING	1
1 INLEDNING	4
1.1 BAKGRUND	4
1.2 SYFTE	4
1.3 METODIK	4
2 GASOLINBLANDNING I NATURGAS.....	5
2.1 BAKGRUND	5
2.2 LITTERATURSTUDIE OCH FÖRETAGSKONTAKTER	7
2.3 DISKUSSIONER MED BRUKARE	8
2.4 PRINCIPUTFORMNING TANKSTATION	8
2.5 EKONOMI	9
2.6 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	10
3 PROPAN/LUFTINBLANDNING I NATURGAS.....	11
3.1 BAKGRUND	11
3.2 BERÄKNING AV FASDIAGRAM	11
3.3 LITTERATURSTUDIE OCH FÖRETAGSKONTAKTER	12
3.4 PÅVERKAN VID TANKNING	12
3.5 PÅVERKAN PÅ MOTORDRIFT	13
3.6 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	14
4 NATURGASINBLANDNING I BIOGAS.....	15
4.1 BAKGRUND	15
4.2 BERÄKNING AV DENSITET OCH ENERGITÄTHET	15
4.3 RENINGS OCH TANKNINGSANLÄGGNING	16
4.4 PÅVERKAN PÅ MOTORDRIFT	18
4.5 EKONOMI	19
4.6 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	20
5 GASOLINBLANDNING I BIOGAS.....	21
5.1 BAKGRUND	21
5.2 BERÄKNING AV DENSITET OCH ENERGITÄTHET	21
5.3 BERÄKNINGAR AV FASDIAGRAM	22
5.4 ANVÄNDNINGSOMRÅDEN	23
5.5 PÅVERKAN PÅ MOTORDRIFT	25
5.6 RENINGS- OCH TANKNINGSANLÄGGNING	26
5.7 EKONOMI	29
5.8 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	30
6 LITTERATURFÖRTECKNING	32

Bilagor:

- 1 Gasdata för Svensk naturgas
- 2 Gasdata för gasol, Propan 95 enligt Terminalgas specifikation
- 3 Fasdiagram för naturgas med 20% gasolinblandning
- 4 Sammansättning av biogas med 60% naturgasinblandning

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Blandningar av olika energigaser kan ge positiva egenskaper såsom ökad energitäthet men också skapa problem. Att känna till hur egenskaperna ändras vid olika gassammansättningar är av speciell vikt när gasen används som fordonsbränsle. Känsligheten för förändringar i sammansättningen är större än om gasen används för förbränning i t ex en panna för uppvärmningsändamål.

De gasblandningar som behandlas i denna rapport är:

- naturgas/gasol
- naturgas/propan/luft
- biogas/naturgas
- biogas/gasol

Genom tidigare beräkningar har Sydkraft Konsult AB visat att energitätheten kan höjas väsentligt genom inblandning av gasol i naturgas. Mot denna bakgrund har SGC velat undersöka vilka effekter som uppstår i övrigt. Man har också velat belysa hur inblandning av gasol och naturgas påverkar vid inblandning i biogas. Kan man genom inblandning minska kostnaderna för uppgradering av biogasen? Slutligen är det intressant att studera vad som inträffar om propan/luft av leverenssäkerhetsskäl måste blandas in i naturgassystemet och användas vid fordonsdrift.

1.2 SYFTE

Syftet med denna studie är att visa vilka fördelar som fås och hinder som uppstår om de angivna gasblandningarna skall användas för fordonsdrift. Detta skall ge underlag för en bedömning om någon av gasblandningarna är intressant att gå vidare med eller inte.

1.3 METODIK

- Genomgång gjordes i SGC:s bibliotek
- Databassökning dock utan resultat
- Beräkningar av daggpunktskurvor och energitäthet och övriga gasegenskaper
- Diskussioner med Volvo, Volvo Aeroturbines, Säfle Karosserifabrik, Malmö Lokaltrafik, ML numera Linjebuss, Swebus m fl
- Diskussioner med Sydgas
- Diskussioner med Enerchem om tänkbara reningstekniker
- Kostnadsuppskattningar

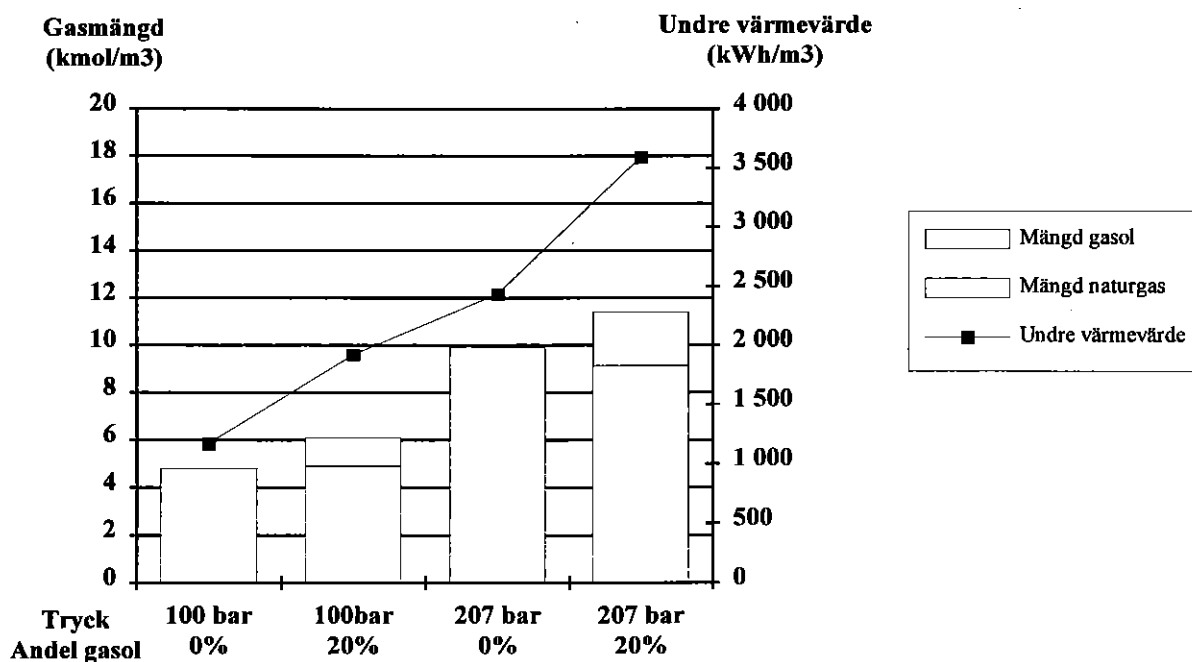
Arbetet har bedrivits som fyra separata delstudier som här presenteras i en gemensam rapport

2 GASOLINBLANDNING I NATURGAS

2.1 BAKGRUND

Det vi i dagligt tal kallar naturgas är en blandning av olika gaser med huvudbeståndsdelen metan. Metanhalten varierar beroende på vilket gasfält naturgasen är producerad. Den naturgas som används i Sverige produceras på Tyra fältet i Nordsjön utanför Danmarks västkust. En specifikation av den "Svenska naturgasen" visas i bilaga 1. Naturgasen består till ca 91% av metan, 5% etan och 2% propan. Naturgasen inne håller dessutom små mängder tyngre kolväten samt koldioxid och kvävgas. Inblandning av gasol i naturgas innebär framförallt att andelen propan ökar. Den gasolsammansättning som valts för denna studie är propan 95 enligt bilaga 2. Förutom ca 97% propan innehåller gasolen typiskt ca 1% etan, 1,5% butan och resten tyngre kolväten. Inblandning av gasol i naturgas innebär således inte att några nya ämnen tillförs gasen utan enbart att proportionerna mellan gaserna ändras.

Inblandning av gasol i naturgas innebär att gasen fysikaliskt sett blir mindre ideal p g a en mer inhomogen sammansättning. Detta medför bl a att kompressibilitetsfaktorn för den blandade gasen blir lägre än för naturgas. Därigenom kan då gasen utsetts för tryck en större mängd gas lagras per volymenhet. Om gasol som har ett högre värmevärde än naturgas blandas med naturgas vid atmosfärstryck ökar värmevärdet för den nya gasen proportionellt mot den inblandade gasolmängden. Om gasen sätts under tryck sjunker dock kompressibilitetsfaktor mer än för enbart naturgas varför en större gasmängd ryms i en given behållare med visst tryck och temperatur.



Figur 2.1 Mängden lagrad gas och undre värmevärde som funktion av tryck och gasolmängd vid 30°C fyllningstemperatur

Utförda datorberäkningar visar till och med att lagringskapaciteten för naturgas i en given volym kan ökas genom inblandning av gasol. Figur 2.1 illustrerar hur densitet och värmevärde påverkas om 20% gasol blandas i naturgas vid temperaturen 30°C. Vid trycket 100 bar medför gasoltillsatsen att mängden **naturgas per m³** kan ökas från 4,8 kmol/m³ vid enbart naturgas till 4,9 kmol/m³ i gasolblandad gas. Den totala gasmängden ökar från 4,8 till 6,1 kmol/m³. Vid trycket 207 bar måste mängden naturgas minskas från 9,9 till 9,1 kmol/m³ vid gasolinblandning men den totala mängden gas kan ökar från 9,9 till 11,4 kmol/m³.

Om vi tänker oss en behållare på 1 m³ som innehåller naturgas med 100 bars tryck kommer trycket att sjunka vid tillsats av gasol. Ytterligare 0,1 kmol naturgas kan tillsättas innan trycket åter nått 100 bar. Jämfört med en behållare med enbart naturgas har innehållet i behållaren ökat med 0,1 kmol naturgas och 1,2 kmol gasol. Om trycket i behållaren ursprungligen är 207 bar kommer trycket att öka vid tillsats av gasol. För att undvika att trycket ökar måste 0,8 kmol naturgas släppas ut före inmatningen av gasol. De 0,8 kmol naturgas som matats ut kan ersättas med 2,3 kmol gasol utan att trycket överstiger 207 bar. Jämfört med enbart naturgas minskar således mängden naturgas medan den totala gasmängden ökar genom gasolinblandning.

Energitätheten hos gasolblandad naturgas påverkas både av ökad densitet hos den blandade gasen och gasolens högre energiinnehåll vilket framgår av figur 1. Vid trycket 100 bar ökar energitätheten från 1200 kWh/m³ till 1900 kWh/m³ genom inblandning av 20% gasol, således en ökning med ca 65%. Vid 207 bar ökar energitätheten från 2400 kWh/m³ till 3600 kWh/m³ en ökning med 50%. Vid atmosfärstryck innebär inblandningen av 20% gasol att energitätheten ökar med 28%.

I de utförda beräkningarna befinner sig gasen hela tiden över krikondenbar dvs över det tryck där endast en fas kan existera. Under krikondenbar är det temperaturen som avgör om gasen skall kondensera eller inte. Vid en temperatur som är högre än krikondenterm kan gasen inte kondensera. I bilaga 3 redovisas ett fasdiagram för naturgas med inblandning av 20% gasol.

Den ökade andelen propan och tyngre kolväten innebär att gasolblandad CNG börjar återkondensera vid högre tryck och temperatur än ren naturgas. Krikondenbar för ren naturgas är ca 80 bar och krikondenterm ca -13°C. Genom tillsats av gasol förskjuts krikondenbar uppåt till ca 105 bar och krikondenterm till ca 25°C. I tabell 2.1 visas krikondenbar och krikondenterm vid olika gasolinblandning.

Tabell 2.1 Krikondenbar och krikondenterm som funktion av gasolinblandning

Andel gasol (%)	Krikondenbar (bar)	Krikondenterm (°C)
0	80	-13
5	85	0
10	95	7
15	100	17
20	105	25

Vid tryck som är högre än krikondensbar eller temperaturer högre än krikondentterm befinner sig blandningen hela tiden i enfasområdet.

Beräkningarna är i huvudsak utförda med datorprogrammet EQUIL som ursprungligen är framtaget av Gulf. Programmet använder en metod enligt Soave, Redlich-Kwong vilken är den idag mest använda metoden för denna typ av beräkningar. Bland andra använder SINTEF i Norge och Calsep A/S i Danmark denna metod för sina beräkningsprogram. Det är därför rimligt att anta att de erhållna resultaten har en hög tillförlitlighet.

2.2 LITTERATURSTUDIE OCH FÖRETAGSKONTAKTER

Metoden att öka energitätheten hos CNG genom inblandning av gasol har förutom av Sydkraft Konsult föreslagits av Innogas i Holland vid NGV 93 konferensen i Amsterdam. De anger en möjlig ökning av energitätheten med 50%. Deras ursprungsidé kommer från Shell:s laboratorium i Amsterdam där man gjort tester. 1985-1986 arbetade Innogas tillsammans med Shell för att få till stånd ett demonstrationsprojekt där LPG blandas med CNG centralt för att sedan distribueras ut till bensinmackar. P. g. a oljeprisfallet 1986 lades projektet ner.

FEV Motorenteknik har i samarbete med Ruhgas utvecklat en kontrollenhet som mäter metantalet i gasen och anpassar tändning, luftfaktor och belastning efter det. Enligt Tyska normer (DVGW 260 del II) kan inblandning av gasol ske i gasnätet. För att kraven på emissioner och verkningsgrader vid olika metantal skall kunna uppfyllas måste motorn avpassas efter detta och vissa parametrar ställas om.

Volvo Aero Turbines anser att en konstant gaskvalitet måste hållas för att motorn skall kunna arbeta optimalt med hög verkningsgrad och låga emissioner. I Volvos motor finns en styrenhet som kontinuerligt får information om aktuellt körförhållande från tryck-, temperatur och lägesgivare placerade runt motorn. Den samlade informationen bestämmer hur stor gasmängd som insprutningsventilerna ska blanda i motorns inloppsluft. Regleringen av gasmängden, liksom tändläget, följer förprogrammerade matriser i styrenhetens minne som täcker alla körförhållanden. Samma styrenhet används både vid naturgas- och gasoldrift men programmeringen är olika.

För att kunna garantera en jämn gaskvalitet till motorn måste temperaturen hela tiden vara högre än krikondentterm. Vid 20% gasolinblandning innebär det att temperaturen måste överstiga ca 25°C för att kondensation inte skall ske i lagringstankarna. Tankarna måste således varmhållas för att undvika kondensation. Gastrycket i lagringstankarna är max 207 bar och reduceras före motorn till 10 bar. Före tryckreduceringen värms gasen för att undvika låga temperaturer när gasen expanderar. Vid gasolinblandning måste värmning ske så att gasen efter reduktion med hänsyn till kondensering av kolväten har en lägsta temperatur på -10°C.

Säffle karosserifabrik vilka tillverkar chassier till Volvos bussar, kontaktades för att diskutera vilka möjligheter en mindre tankvolym ger för byggnation av framtida busskarosser. Tankarna är idag placerade i taket på bussen. Gasolinblandningen gör att antalet tankar kan minskas från fem till tre tankar. Som ett alternativt en kan diametern minskas från 400 mm till 340 mm. Färre antalet tankar alternativt mindre diameter bedöms dock få liten betydelse för möjligheten till placeringen av tankarna. Den största fördelen är en lägre tankkostnad. Vid konstruktion av bussar för längre räckvidder, såg i storleksordningen 60-80 mil som idag kräver ca 10 tankar kan

dock även placeringsmöjligheterna få betydelse. Genom gasolinblandningen krävs endast en extra tank utöver dagens 5, för att räckvidden 60-80 mil skall uppnås.

2.3 DISKUSSIONER MED BRUKARE

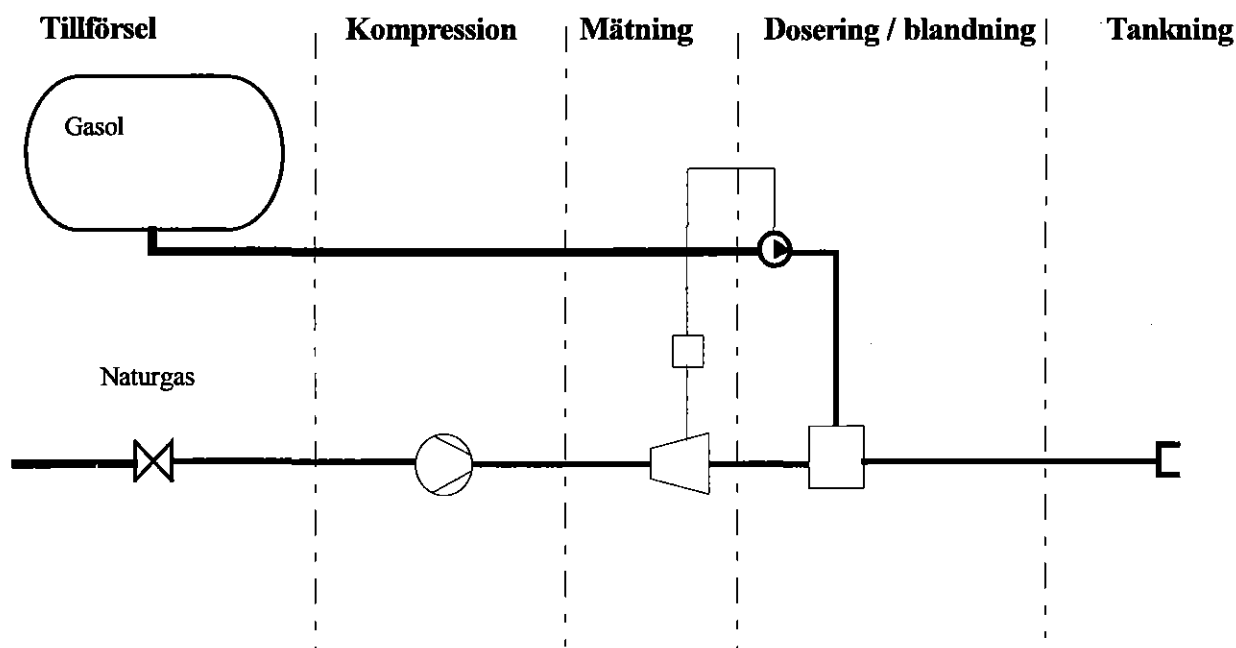
På Malmö Lokaltrafik kontaktades Olle Lundin. Det konstaterades att ML:s bussar har erforderlig räckvidd redan med dagens bussar. Fördelen för ML kan vara att priset på bussarna kan sänkas genom färre antal tankar.

På Swebus kontaktades Roland Alkevall. Swebus har ett intresse av en ökad räckvidd eftersom det ökar möjligheten att använda naturgas på längre turer.

Egna synpunkter:

Vid en eventuell utvidgning av trafiken med naturgasdrivna fordon från lokaltrafik till trafik mellan länder i Europa är det en fördel om ett enhetligt fordonsbränsle skapas. Detta bränsle skall ha egenskaper som gör att det för motorn viktiga parametrarna såsom metantal, daggpunkt, wobbeindex etc är lika. Detta skulle gynna användningen av gas som fordonsbränsle och underlätta för fordonsleverantörer att utveckla motorer och system i stora serier. Därmed är det också viktigt att kunskapen om olika sammansättnings egenskaper och påverkan på motordriften utvecklas.

2.4 PRINCIPUTFORMNING TANKSTATION



Figur 2.2 Principutformning av tankstation

För tillförsel av gasol måste dagens tankstationer kompletteras med en gasolcistern samt mät- och doseringsutrustning. För att undvika utfällningar och därmed vätskeslag i kompressorn bör gasolen tillsättas efter kompressionen. Gasolen sprayas in i naturgasen från en doseringspump. Doseringen styrs av naturgasmängden från kompressorn. I figur 2.2 visas en idéskiss till tankstationens utseende. Gasolen sprayas in i biogasen som har en temperatur av ca 90°C efter kompressionen. Tekniken är intressant men inte prövad och det kan vara svårt att garantera att all gasolen förångas.

2.5 EKONOMI

Tankstation

För att få en uppfattning om kostnaden för gasolinblandning har en beräkning gjorts för en tankstation för 100 bussar. Dagens ML-bussar tankar använder ca 5 Nm³ per mil vid ett energiinnehåll av 10,9 kWh/Nm³ och kör ca 24 mil per dygn. Gasförbrukningen blir därmed 100x5x24=12000 Nm³ per dygn. Med 20% gasolinblandning får gasen ett energiinnehåll på 13,8 kWh/Nm³. Om samma verkningsgrad antas för gasolblandad naturgas som för ren naturgas åtgår det 9400 Nm³ per dygn gasolblandad naturgas. 20% av detta är gasol vilket motsvarar 1 ton per dygn. En lämplig storlek på gasolcisternen för denna förbrukning är 15 ton. För att kunna ta emot en hel bil bör dock en cistern på 60m³ väljas.

Kostnaden för cistern med armatur, pump samt mät och doseringsutrustning bedöms till 700 kkr.

Fordon

Tabell 2.2 Jämförelse av tankvolym med och utan gasolinblandning på nuvarande bussar i Malmö

	Tankvolym 100% NG	Energi 100% NG	Energi 80/20NG/LPG	Tankvolym 80/20NG/LPG
Linjebuss	5x230 l	2900 kWh	4400 kWh	3,3x230l
Swebus	5x188 l	2500 kWh	3800 kWh	3,3x188l

Genom inblandning av 20% gasol kan antalet tankar på bussarna minskas. En minskning av antalet tankar från 5 till 3 innebär en kostnadsminskning i storleksordningen 30 kkr per buss. Reduktionen av antalet tankar från 5 till 3 innebär också en viktreduktion med ca 300 kg.

För att inte riskera återkondensering måste gasen hela tiden hållas varm. Idag värms bussarna med el eller fjärrvärme. Förslag finns dock att installera en liten gaspanna för uppvärmning. Bussarna blir därmed oberoende av uppställningsplats. Detta system skulle även kunna användas för värmning av bränsletankar genom att en värmeslinga från gasolpannan dras upp på taket och att tankutrymmet värmeisolerar.

Kostnaden för värmesystem av tankar uppskattas till 10-15 kkr.

Bränsle

Självkostnaden för CNG inkl drift- underhållskostnader är ca 30 kr/MWh lägre än gasolpriset i Malmö . En årlig körsträcka på 6000 mil (gäller för Linjebuss bussar) ger en årlig energianvändning på 325 MWh. Merkostnaden i bränsle för energileverantören blir därmed nästan 10 kkr/år. Totalt bedöms investeringskostnaden minska med ca 10-15 kkr per buss genom gasolinblandning. Fördelen av den minskade investeringen försvinner dock snabbt eftersom bränslekostnaden ökar med 10 kkr/år i producentledet.

2.6 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Slutsatser

En blandning av naturgas och gasol har en högre densitet och en högre energitäthet än ren naturgas.

Den ökade energitätheten möjliggör en minskning av antalet tankar i bussar från 5 till ca 3 alternativt en ökad räckvidd från 40 till 60 mil.

Om gasolblandad naturgas skall kunna användas som bränsle och med goda emissionsvärden bör gassammansättningen till motorn vara konstant. Kondensation i tankar måste därför undvikas. För att åstadkomma detta måste temperaturen vid 20% gasoltillsats hela tiden överstiga 25°C varför värmning av fordonets tankar är nödvändig.

Det ekonomiska incitamentet för gasolinblandning är litet. Vinsten p g a lägre tankkostnad minskas av investering för gasoltillsats och värmningsutrustning samt en högre bränslekostnad.

Vid en eventuell framtida trafik med gasdrivna fordon mellan länder i Europa kan det bli nödvändigt att skapa ett enhetligt fordonsbränsle. Genom en mindre gasoltillsats till vissa av de i Europa förekommande naturgaskvaliteterna finns möjligheter att skapa ett enhetligt naturgasbaserat fordonsbränsle. I detta perspektiv är kunskapen om olika sammansättnings egenskaper och påverkan på motordriften viktig.

Fortsatt arbete

- 1 Sammanställning av olika gaskvaliteter som finns inom Europa. Öka kunskapen om hur olika gassammansättning påverkar motordriften. Diskutera frågan med motortillverkare och ta upp frågan med andra gasbolag i Europa.
- 2 Vidare undersöka möjligheterna till omställning av motorparametrar via t ex metantalsmätare på fordon

3 PROPAN/LUFTINBLANDNING I NATURGAS

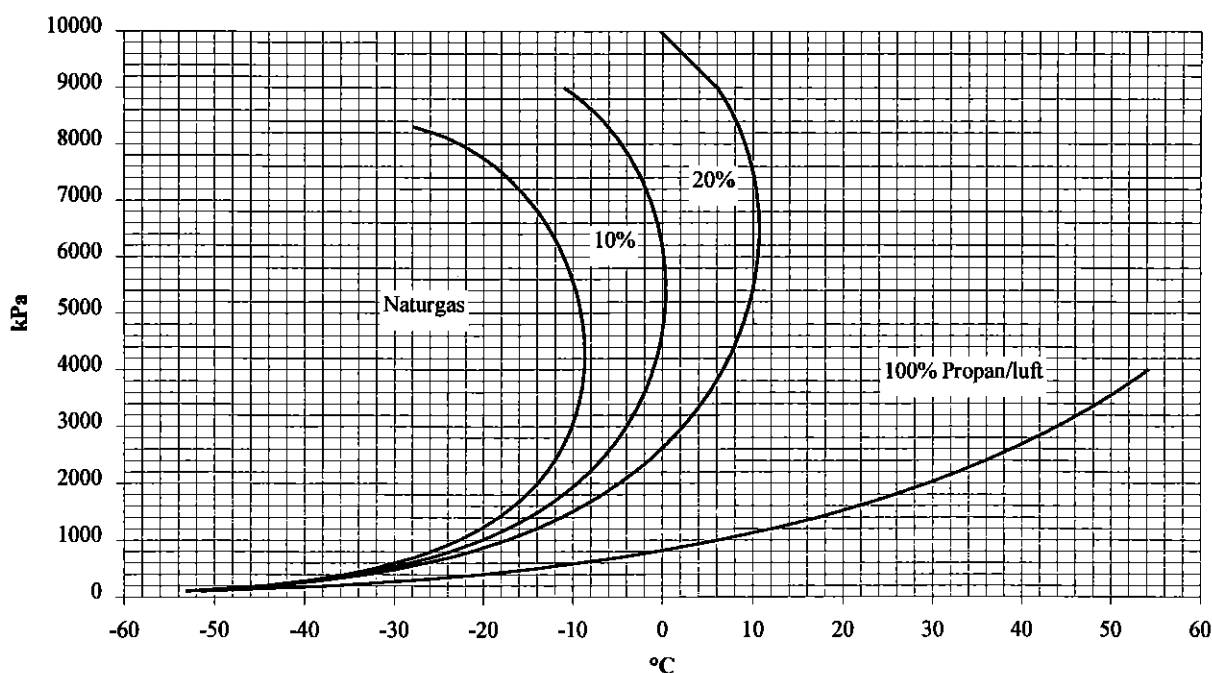
3.1 BAKGRUND

Möjligheten finns idag till inblandning av propan/luft i naturgassystemet för peak-shaving och under beredskap. Propan/luft innebär en blandning av ca 60% gasol (propan 95) och ca 40% luft. I Tyskland angivs i DVGW arbetsblad G 260 tillåtna variationer i wobbeindex, värmevärde och relativ densitet för gas till förbrukare. Dessa regler ger avsevärda möjligheter för gasleverentören att blanda in propan/luft i naturgasnätet.

De mängder för inblandning som diskuterats i Sverige är ca 20% propan/luft. Inblandning av propan/luft för brännardrift är relativt problemfritt. Vid fordonsdrift påverkas dock dels möjligheten att komprimera och tryckreducera gasen utan att kondensering uppstår dels sänks oktantalet vilket påverkar motordriften. Denna rapport belyser översiktligt dessa faktorer.

3.2 BERÄKNING AV FASDIAGRAM

Liksom vid gasolinblandning kommer inblandning av propan/luft att förskjuta faskurvan för naturgas åt höger. Detta innebär att blandningen kondenserar vid en högre temperatur än oblandad naturgas. I figur 3.1 visas effekterna av propan/luftinblandning. Figuren är framtagen genom beräkningar i datorprogrammet EQUIL. Av figuren framgår att redan en inblandning av 10% propan/luft höjer den erforderliga temperaturen för att undvika kondensation av kolväte, krikondenterm, från ca -10 till ca 0°. Vid ytterligare inblandning till 20% gasol stiger krikondenterm till 10°. Man kan dock konstatera att vid tryck över ca 100 bar befinner sig gasen hela tiden i enfas området.



FIGUR 3.1 Kolvätedagpunkt vid inblandning av propan/luft i naturgas

3.3 LITTERATURSTUDIE OCH FÖRETAGSKONTAKTER.

GRI Gas Research Institute har gjort en studie av hur naturgasdrivna fordon och tankningsstationer kan komma att påverkas av inblandning av propan/luft i naturgas. Man konstaterar att påverkan sker på två sett. 1) Kondensation vid tankning, 2) Kondensation i tank vilket förändrar sammansättningen av gasen och därmed förbränningen.

Tankning

Generellt sett kan problem med kondensation uppstå först då trycket understiger krikondenbar. Under kompressionen alstras värme som gör att temperaturen stiger och kondensation därigenom undviks. Om kompressionen görs i flera steg kan dock kondensation ske vid mellankylningen. Vid tillräckligt låg temperatur bildas stora mängder kondensat som måste avskiljas för att inte ge vätskeslag i nästa kompressorsteg.

Kondensation i tank

Så länge trycket i fordonstanken överstiger krikondenbar skall inga problem med sammansättning uppstå. När detta trycket underskrids kommer beroende på temperaturen mer eller mindre mängd kondensat att bildas. Temperaturen i tanken beror till stor del av uttaget dvs hur hårt fordonet körs. I GRI-rapporten har förändringar av värmevärde, wobbeindex och metanhalt som funktion av trycket, beräknats för den gas som kommer ut från tanken. Beräkningarna har gjorts för tryck under krikondenbar vid temperaturer mellan -7°C och -27°C . Tre inblandningar har antagits, 15%, 25% respektive 50% propan/luft.

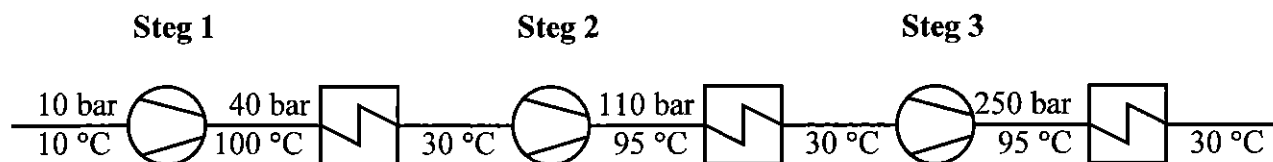
Beräkningarna för 25% propan/luft visar att metanhalten i gasen ut från tanken kan variera med uppemot ca 15% och värmevärdet samt wobbeindex med uppemot ca 30%. Senare i rapporten konstaterades att problem med motordrift kan uppstå redan vid en inblandning av 5% propan/luft.

I Tyskland har Ruhrgas tillsammans med FEV-Motorenteknik utvecklat en metantalsmätare och en styrenhet som ställer om motorparametrar under drift. Metoden tillämpas för stationära motorer och bör studeras närmare än vad som är möjligt inom ramen för denna studie.

3.4 PÅVERKAN VID TANKNING

Ett sett att undvika problemen med propan/luftinblandning för fordon är att lägga tankningen på ett separat nät med eget lager av oblandad naturgas.

Kompressionen av CNG sker ofta i tre steg. Som exempel visas nedan visas tryck och temperatur i de olika stegen i en Nouvo Pignone kompressor.



För att undvika kondensation under kompressionen får temperaturen vid mellankylningen efter steg 1 inte understiga 10 °C. Detta bör klaras under normala driftbetingelser men slutsatsen bör verifieras med försök.

3.5 PÅVERKAN PÅ MOTORDRIFT

När trycket i tanken understiger krikondenbar ca 100 bar vid 20% propan/luftinblandning, är risken för kondensation mycket stor. Mängden kondensat beror på temperaturen i tanken som i sin tur beror på motorbelastningen. När trycket sedan sjunker ner mot 20-30 bar kommer en del kondensat att återförångas. Detta ger en mycket varierande sammansättning av gasen till motorn. Att kunna mäta temperaturen under drift är därför av stort intresse.

Ett sett att undvika kondensation är att endast tömma tanken till 100 bar. Vid 20 % propan/luftinblandning innebär det att 60% av tankens energiinnehåll kan utnyttjas jämfört med oblandad naturgas.

En inblandning av 20% propan/luft innebär emellertid att bränslets egenskaper förändras. Wobbeindex blir oförändrat däremot påverkas bränslets oktantal. Vid stora förändringar av oktantal t ex vid en övergång från naturgas till enbart gasol måste kompressionen i motorn sänkas genom ombyggnad av motorn. Vid mindre förändringar kan det räcka med en omprogrammering av motorns styrsystem. Oktantalet för naturgas med 20% propan/luft har beräknats till 103, jämfört med 126 för oblandad naturgas. För att kunna säga om denna ändring kan klaras genom enbart omprogrammering krävs motortekniska beräkningar som ett första steg och därefter motorprov.

3.6 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Slutsatser

För att öka leverenssäkerheten och utjämna belastningstoppar kan inblandning av propan/luft i naturgasnätet bli nödvändig. Tekniken tillämpas redan idag i t ex Tyskland. De mängder för inblandning som diskuterats i Sverige är ca 20% propan/luft.

Vid inblandning av propan/luft för fordonsdrift bör följande beaktas:

- förändrat oktantal jämfört med oblandad naturgas
- kondensation i tank med varierande gassammansättning som påföljd
- kondensationsrisk under kompressionen

Inblandning av 20% propan/luft ger en oktantalsänkningen från 126 till 103 oktan. Detta kräver i värsta fall en ombyggnad av motorn för att minska kompressionen. I bästa fall kan det räcka med en mjukvaruförändring av motorns styrsystem.

Kondensation i tank kan undvikas genom att inte låta trycket understiga 100 bar. Detta motsvarar 60% av tankens maximala energiinnehåll vid fyllning med oblandad naturgas.

En inblandning av 20% propan/luft bör inte skapa några problem under tankningen.

Fortsatt arbete

- 1 Detaljerade beräkningar och därefter motorprov för att verifiera om drift med propan/luftinblandning är möjlig utan ombyggnad av motorerna.
- 2 Provdraft av fordon där temperatur och tryck mäts i tanken vid olika uttag så att gränserna för bra motordrift vid olika tryck och temperatur samt räckvidd fastläggs.
- 3 Verifiering av kompression utan kondensation genom temperaturmätningar och provdrift av kompressor med propan/luftinblandning.

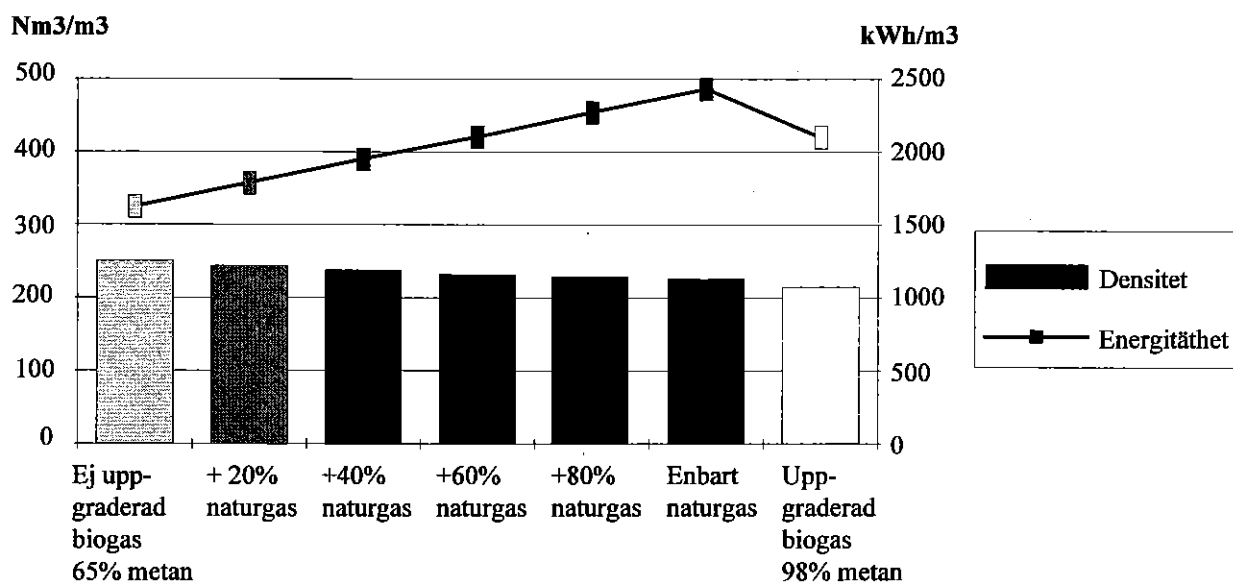
4 NATURGASINBLANDNING I BIOGAS

4.1 BAKGRUND

Inblandning av gasol i naturgas visar på goda resultat i form av densitets- och energitäthetshöjningar vid de tryck som råder i fordonstankar. Mot denna bakgrund är det intressant att studera om man genom inblandning av naturgas i ej uppgraderad biogas kan få samma effekt. Vidare är det intressant att undersöka om man genom inblandning av naturgas kan undvika en kostnadskrävande uppgradering av biogasen.

4.2 BERÄKNING AV DENSITET OCH ENERGITÄTHET

Densitet och energitäthet har beräknats med datorprogrammet EQUIL för en biogas bestående av 65% CH₄ och 35% CO₂. I denna ej uppgraderade biogasen blandas från 0 till 100% naturgas. För jämförelsens skull har även data för uppgraderad renad biogas med 98% CH₄ och 2% CO₂ beräknats. Resultaten från beräkningarna visas i figur 4.1.



FIGUR 4.1 Densitet och energitäthet för ej uppgraderad biogas med naturgasinblandning jämfört med uppgraderad biogas vid 207 bar och 30 °C

Av diagrammet kan utläsas att gasens densitet mätt i antalet Nm³ per m³ tankvolym, vid 207 bar och 30°C, minskar som funktion av naturgasinblandningen. Däremot gör naturgasens högre värmevärde än den ej uppgraderade att energitätheten ökar med andelen inblandad naturgas. För att få en energitäthet i lagringstankarna som motsvarar uppgraderad biogas måste 60% naturgas tillsättas.

Trots att hela 60% måste blandas in kan inblandning av naturgas i ej uppgraderad biogas vara av intresse.

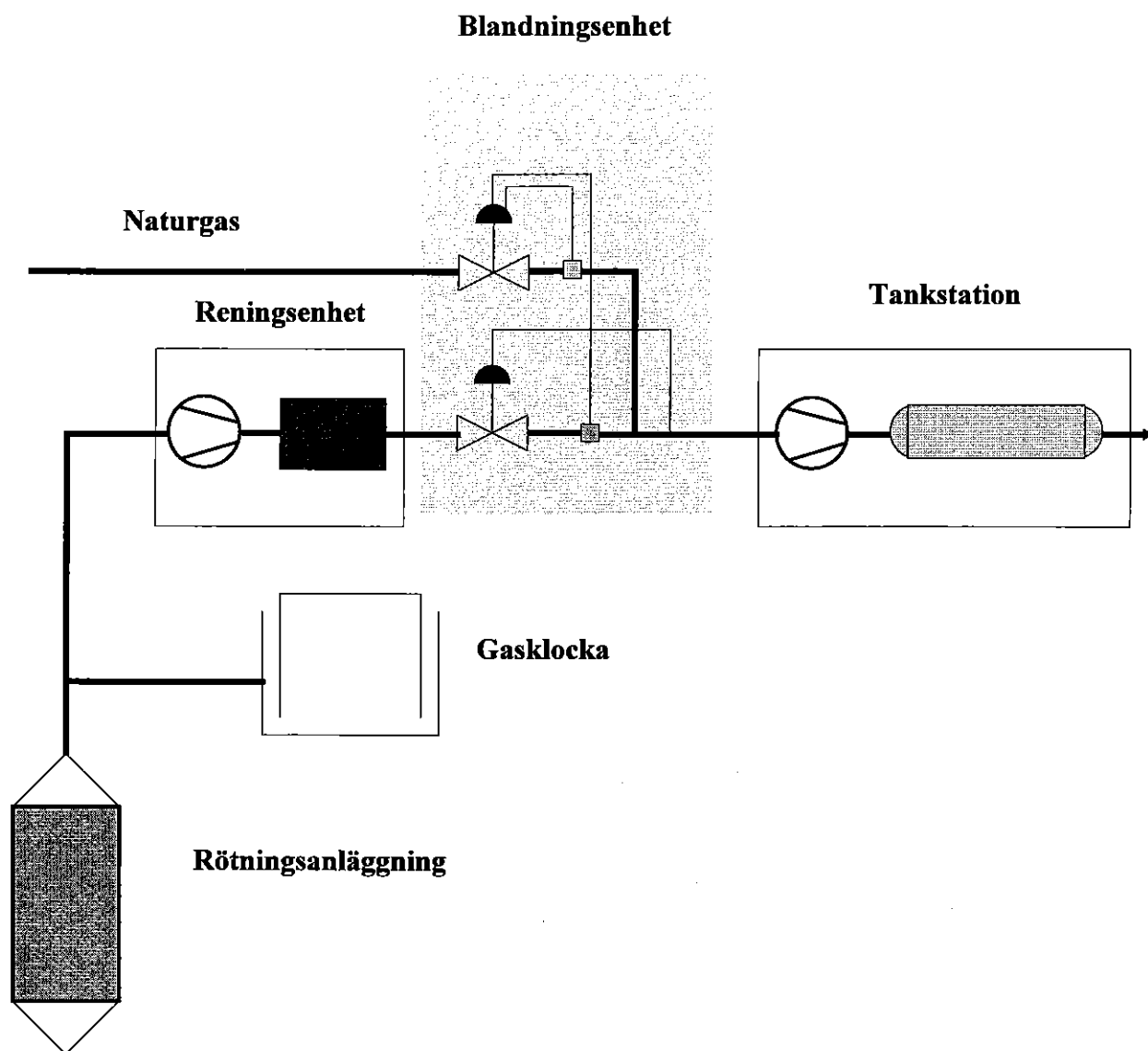
- Tillgången till naturgas garanterar tillgången till bränsle för tankning oberoende av biogasproduktionen.
- Kostnaden för rening av biogasen blir lägre.
- En större tankstation för tankning av flera fordon kan byggas vilket minskar den specifika bränsle kostnaden.
- Genom samtidig användning med naturgas kan således biogasanvändningen utvecklas och bli mera konkurrenskraftig.

Sammansättningen av 40% ej uppgraderad biogas med 60% naturgas visas i bilaga 4. Biogasen förutsätts innehålla 65% metan och 35% koldioxid.

4.3 RENINGS OCH TANKNINGSANLÄGGNING

Inblandning av naturgas minskar kraven på rening av biogasen genom att koldioxid-avskiljningen försvinner. Före inblandning bör gasen torkas och ev. måste även halten av svavelväte minskas. Krav på utrustning varierar från fall till fall eftersom vattenhalter och svavelvätehalter varierar mellan olika anläggningar. Eftersom en så stor inblandning som 60% naturgas krävs för att uppnå samma energitäthet som i uppgraderad biogas har naturgasen en utspädande och torkande effekt som i sig minskar kraven på avskiljning av vattenånga och svavelväte. De metoder som är optimala ur teknisk/ekonomisk synvinkel med hänsyn till naturgasinblandning bör utredas för den specifika anläggningen. Man kan även tänka sig reningsmetoder där svavel och vattenavskiljning kombineras med en viss koldioxidavskiljning. Detta gör att andelen naturgas som blandas in kan minskas alternativt får gasen ett högre värmevärde. För att gasen skall uppfylla kraven i en framtida biogasstandard med 98% metanhalt måste metanhalten i biogasen före naturgastillsats vara minst 80% (jfr kap. 5.5).

Inblandningen av naturgas kan göras mer eller mindre noggrann beroende på vilka krav på sammansättning som skall uppnås. Nedan i figur 4.2 visas ett principförslag till en anläggning där naturgasflödet styrs av trycket före högtryckskompressorn. Flödet av naturgasen mäts och biogas blandas in i proportion till det. Denna typ av reglering bör ge en hög noggrannhet. För att metanhalten i gasen ut från blandningsenheten skall hållas konstant förutsätter detta dock att metanhalten i biogasen är konstant. Inblandning av naturgas tillåter även en viss justering av metanhalten i gasen. Justeringen kan antingen kunna göras manuellt eller kontinuerligt via signaler från en metantalsmätare. Detta är en fördel eftersom en konstant specifikation på gasen möjliggör motordrift med bättre förbränning. Möjlig utrustning för metantalsmätning och styrning av inblandning bör undersökas vid en fortsättning.



FIGUR 4.2 Principförslag för inblandning av naturgas i biogas

4.4 PÅVERKAN PÅ MOTORDRIFT

Motordriften påverkas i första hand av oktantal, stökiometriskt luftbehov, värmevärde wobbeindex men också av bränslets förbränningshastighet. I bilaga 4 redovisas sammansättningen av ej uppgraderad biogas med 60% naturgas.

Uppgraderad biogas med 98% metan har ett beräknat oktantal på 138. Den ej uppgraderade biogasen har på sitt CO_2 -innehåll ett högre oktantal än både naturgas och ren metan. Oktantalet för ej uppgraderad biogas har beräknats till 153. Om 60% naturgas blandas i ej uppgraderad biogas får blandningen ett beräknat oktantal på 137 alltså nästan lika det som gäller för uppgraderad biogas.

Värmevärdet för uppgraderad biogas är $9,8 \text{ kWh/Nm}^3$ jämfört med den blandade gasen som har värmevärdet $9,1 \text{ kWh/Nm}^3$. Detta beror på att blandningen innehåller ca 14 % CO_2 . Det höga CO_2 -innehållet gör att en viss mängd av förbränningsrummet upptas av inertgas. För att inte Lean-burn motorer vilka arbetar med en luftfaktor på ca 1,5 skall få för mager blandning måste luftmängden minskas i förhållande till bränslemängden. I princip motsvarar den högre koldioxidinnehållet avgasrecirkulation, EGR. Ändring av luftfaktorn bör vara möjligt genom mjukvaruförändringar av motorns styrsystem.

Wobbeindex påverkar motordriften genom att det bestämmer hur mycket energi som tillförs motorn vid insugningen eller laddningen. Wobbeindex för den blandade gasen är $38,6 \text{ MJ/m}^3$ vilket skall jämföras med $46,4 \text{ MJ/m}^3$ för uppgraderad biogas med 98% metan. Detta innebär att det är troligt att blandningsförhållandet mellan luft och bränsle måste ändras m h t avvikelsen i wobbeindex.

Om den valda reningsmetoden innebär att även en viss mängd koldioxid avskiljs kan det vara möjligt att uppnå samma värmevärde genom naturgasinblandning som för uppgraderad biogas. Vid en metanhalt före inblandning på 80% metan erhålls värmevärdet $9,7 \text{ kWh/Nm}^3$. Denna blandning har ett oktantal på 135 och ett wobbeindex på 43 MJ/m^3 . Det finns goda möjligheter att denna blandning kan uppfylla biogasstandard för uppgraderad biogas och användas direkt i fordon som är inställda för uppgraderad biogas utan någon omställning.

En viktig parameter för motordriften är hur stabil sammansättning på biogasen kan hållas. För att erhålla goda emissionsvärden är det viktigt att sammansättningen är så konstant som möjligt. Det finns möjligheter att kompensera minskad metanhalt i biogasen genom en ökad inblandning av naturgas. Detta innebär att metanhalten i den producerade biogasen mäts kontinuerligt och anpassar inblandningen av naturgas efter detta.

Om enbart naturgas skall användas som reservbränsle till den blandade gasen måste följande beaktas. Oktantalet för naturgas är beräknat till 126 jämfört med 138 för den blandade gasen. Det betyder att risk för knackning uppstår och inte motorparametrarna ställs om. Även lufttillförseln bör ändras vid omställning till naturgasdrift eftersom naturgasen har ett högre värmevärde. Omställningarna bör kunna göras mjukvarumässigt. Förutsättningarna att klara drift av både blandgas och naturgas utan ombyggnad av motorn bedöms som goda. Det krävs dock motorprover och utvecklingsarbete för att anpassa dagens motorer för blandgasen.

4.5 EKONOMI

För stora anläggningar är den specifika kostnaden producerad Nm^3 för uppgradering till 98% metan per låg. Det är därför troligt att den största vinsten med naturgasinblandning jämfört med uppgradering finns i mindre anläggningar. En grov bedömning har gjorts av förändrade kostnader vid naturgasinblandning istället för uppgradering för en anläggning med en produktion av $50 \text{ Nm}^3/\text{h}$ uppgraderad biogas per timme eller ca 1000 Nm^3 per dygn. Denna produktion är tillräckligt för att hålla igång en bussflotta på 5-7 bussar vid en daglig körsträcka på 30 mil per fordon. För en sådan anläggning bedöms kostnaden för rening jämfört med uppgradering kunna minskas med 1-1,5 MSEK. Kostnaden är emellertid osäker eftersom det inte finns någon utvecklad reningsmetod som är lämplig.

Kostnaden för inblandning av naturgas har bedömts till 75 kkr exkl. naturgasledningen eller annan gastransport till anläggningen. Med inblandning av 60% naturgas blir den totala produktionen av bränsle ca 3900 Nm^3 per dygn. En bussflotta på ca 20-25 bussar kan försörjas med den blandade gasen jämfört med 5-7 bussar om gasen uppgraderats utan naturgastillsats. Den större gasmängden gör att kostnaden för högtryckskompressorer och dispensrar kan fördelas på en större gasmängd varför den specifika kostnaden per Nm^3 gas sjunker.

Tekniken med inblandning innebär enklare och billigare lösningar för användning av biogas. Möjligheten att använda enbart naturgas som reservbränsle samt möjligheten att anpassa gasmängden efter en växande fordonsflotta för att successivt bygga upp en marknad och biogasproduktion förbättras. Detta är synergieffekterna som gynnar både användningen av biogas och naturgas.

4.6 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Slutsatser

Vid inblandning av naturgas i ej uppgraderad krävs en inblandning av 60% naturgas för att uppnå samma energitäthet som för uppgraderad biogas.

Genom en viss uppgradering av biogasen till 80% metanhalt får den blandade gasen egenskaper som gör att den bör kunna användas i samma motor som uppgraderad biogas med 98% metanhalt utan omställning av motorn.

Kostnaden för rening bör kunna minskas väsentligt jämfört med en fullständig uppgradering. Avgörande för lönsamheten blir kostnaden för anslutning av naturgasen.

Tekniken kan erbjuda en enklare och billigare lösning för användning av biogas genom att använda det tillsammans med naturgas. Detta är intressanta synergieffekter som gynnar både användningen av biogas och naturgas.

Fortsatt arbete

För att utveckla konceptet bör ett projekt kring en biogasanläggning utföras. Projektet bör innehålla

- 1 Utredning av vilka reningsmetoder som är optimala vid naturgasinblandning
- 2 Motorprov med blandgas
- 3 Teknisk/ekonomisk bedömning
- 4 Demonstrationsprojekt

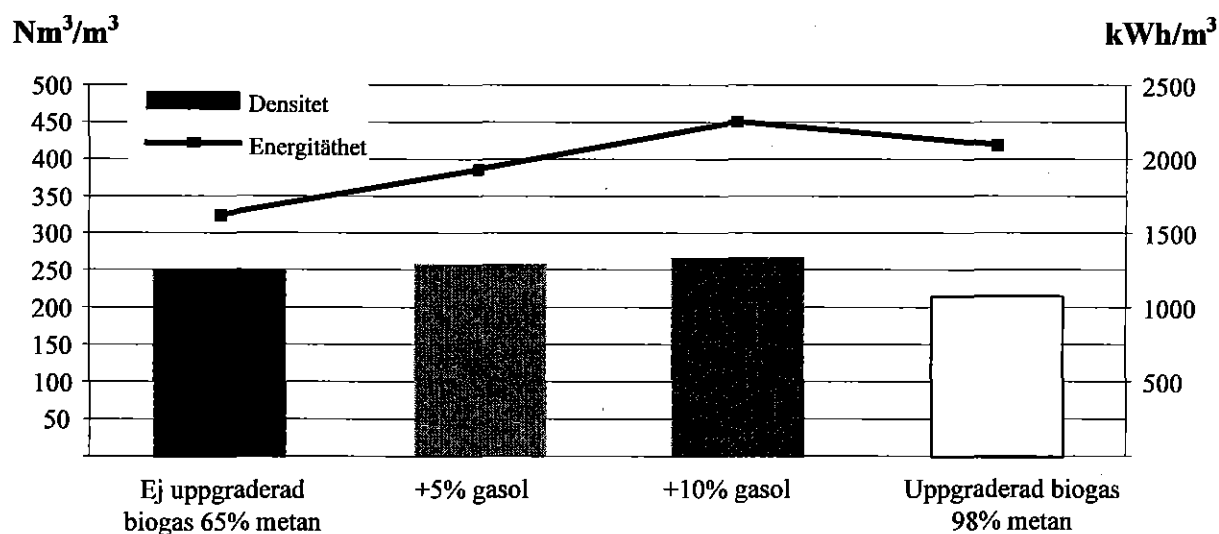
5 GASOLINBLANDNING I BIOGAS

5.1 BAKGRUND

Beräkning av inblandning av gasol i naturgas visar att energitätheten kan höjas med ca 50% vid 207 bars tryck d v s det tryck som råder i dagens fordonstankar. Mot denna bakgrund är det intressant att studera om effekten blir densamma om inblandning gör i ej uppgraderad biogas. Om detta är möjligt erhålls en enklare metod att göra biogasen intressant som fordonsbränsle än att uppgradera den till 98% metan genom avskiljande av koldioxid.

5.2 BERÄKNING AV DENSITET OCH ENERGITÄTHET

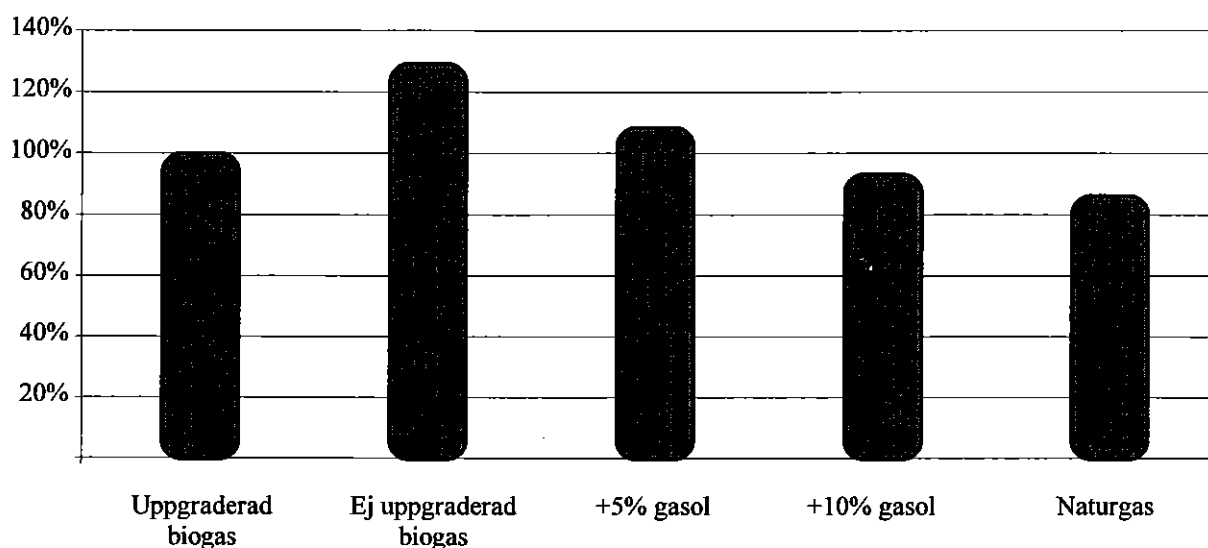
Densitet och energitäthet har beräknats för en biogas bestående av 65% CH₄ och 35% CO₂. I denna ej uppgraderade biogas blandas 5 resp 10% gasol. För jämförelsens skull har även data för uppgraderad renad biogas med 98% CH₄ och 2% CO₂ beräknats. Resultaten från beräkningarna visas i figur 5.1.



FIGUR 5.1 Densitet och energitäthet för ej uppgraderad biogas med gasolinblandning jämfört med renad biogas vid 207 bar och 30 °C

Av diagrammet kan utläsas att gasens densitet mätt i antalet Nm³ per m³ tankvolym, vid 207 bar och 30°C, ökar vid inblandning av gasol. Detta är samma effekt som har observerats vid inblandning av gasol i naturgas. Samtidigt har gasolen ett högre värmevärde 26 kWh/Nm³ jämfört med 6,5 kWh/Nm³ för den ej uppgraderade biogasen. Sammantaget gör detta att

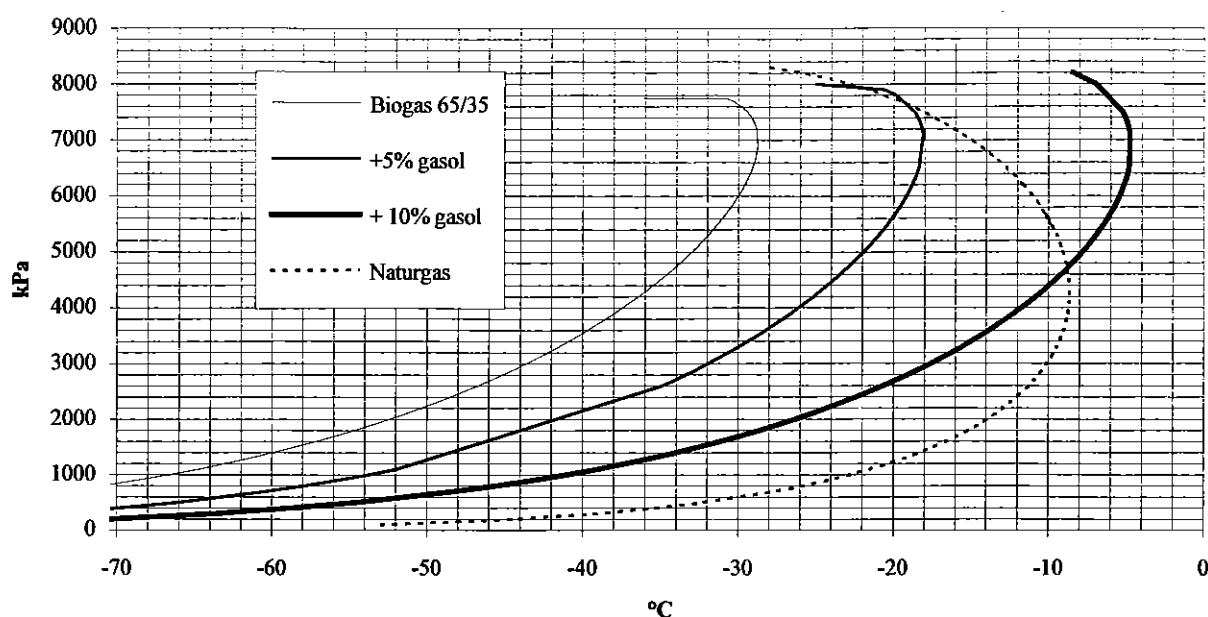
energitätheten ökar med 38% vid inblandning av 10% gasol. I figur 5.2 visas hur den erforderliga tankvolymen förändras om fordonet tankas med uppgraderad biogas, ej uppgraderad biogas, ej uppgraderad biogas med 5 eller 10% gasoltillsats eller med naturgas. Av diagrammet framgår att en inblandning av 10% gasol i ej uppgraderad biogas gör att den erforderliga tankvolymen blir mindre än för uppgraderad biogas och endast något större än för naturgas.



Figur 5.2 Jämförelse av erforderlig tankvolym för olika energigaser vid 207 bar och 30 °C

5.3 BERÄKNINGAR AV FASDIAGRAM

Inblandning av gasol i biogas innebär att faskurvan förskjuts åt höger d v s kolväten kondenserar vid en högre temperatur än om inblandning inte görs. I figur 5.3 visas resultatet av en beräkning för ej uppgraderad biogas (65/35) utan inblandning av gasol samt med inblandning av 5 resp 10% gasol. Som jämförelse visas även dagpunktskurvan för naturgas.



FIGUR 5.3 Kolvätedaggpunkt vid inblandning av gasol i ej uppgraderad biogas

Av figur 5.3 framgår att en gasoltillsats på ca 7-8% är möjlig med daggpunkt på -10°C vilket är lika daggpunkten för naturgas.

5.4 ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

Biogasmarknaden för fordonsdrift kan delas in i tre kategorier.

1 *Biogasstandard*

Kunder som vill ha uppgraderad biogas enligt kommande standard enligt ett av följande krav:

- a) $96 \pm 3\%$ metanhalt
- b) $98 \pm 1\%$ metanhalt (krav vid senaste upphandlingar, Stockholm Vatten, Trollhättan och Uppsala).

Denna standard uppnås med hänsyn till värmevärde genom inblandning av 7,5% gasol i biogas med minst 84% metan. Om standarden skall uppfyllas m h t wobbeindex måste metanhalten i biogasen vara minst 90%.

2 *Naturgasstandard*

Kunder som vill ha uppgraderad biogas som en ersättning för naturgas där gasen har samma motortekniska egenskaper som naturgas för både stökiometriska motorer och motorer som arbetar enligt lean-burn principen. Detta kan åstadkommas genom inblandning av ca 7,5% gasol i uppgraderad biogas med en metanhalt av 98-99% metan.

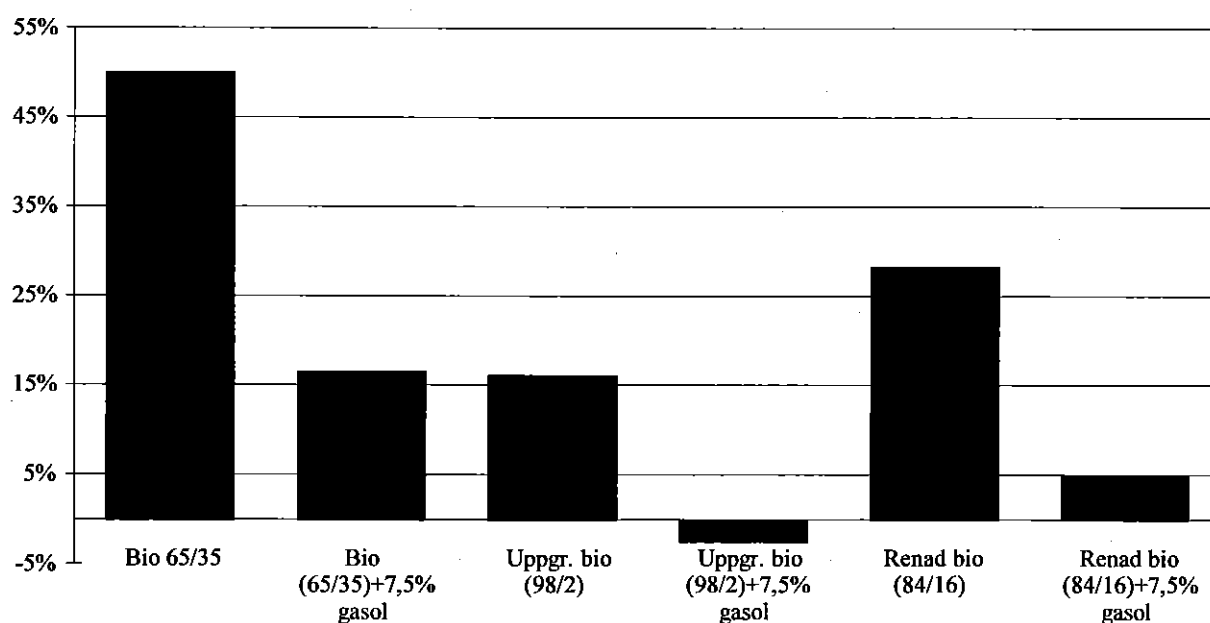
3 Övriga

Kunder som kräver en viss körsträcka men inte har krav att en viss standard är uppfylld. T ex de som bara tankar på ett ställe. I detta fall behöver gasen bara renas från föroreningar och upp till 7,5% gasol kan tillsättas.

De viktiga parametrarna för fordonsdrift och utbytbarheten är:

- daggpunkt
- energitäthet
- värmevärde
- oktantal
- stökiometriskt luftbehov
- wobbeindex

Om en jämförelse görs mellan erforderlig tank volym för de olika kategorierna i förhållande till naturgas erhålls resultat enligt figur 5.4.



Figur 5.4 Erforderlig tankvolym jämfört med naturgas

Ur diagrammet kan följande utläsas:

- Om biogasen skall användas utan uppgradering krävs ca 50% större tankvolym än för naturgas
- Genom inblandning av maximal mängd gasol m h t kondensation i den ej uppgraderade biogasen kan tankvolymen minskas med ca 30%

- Renad biogas med 98% metanhalt kräver en tankvolym som är drygt 15% större än naturgas
- Genom inblandning av maximal mängd gasol m h t kondensation i den uppgraderade biogasen kan tankvolymen minskas med ca 2% jämfört med naturgas. I förhållande till uppgraderad biogas kan tankvolymen minskas med 17%.
- En biogas som uppgraderas till 84 % metanhalt, för att få samma värmevärde som uppgraderad biogas och blandas med 7,5% gasol behöver ca 5% större tankvolym än naturgas men ca 10% mindre tankvolym än biogas med 98% metanhalt.

Sammanfattningsvis ger inblandning av gasol i ej uppgraderad biogas mindre erforderliga tankvolymen än då denna uppgraderas.

5.5 PÅVERKAN PÅ MOTORDRIFT

De parametrar som påverkar motordriften är i huvudsak oktantal, wobbeindex, stökiometriskt luftbehov och värmevärde. I nedanstående tabell visas dessa parametrar för olika kundkategorier.

Tabell 5.1 Fordonsparametrar för olika gasblandningar

Kategori	Gas($\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{N}_2$)	Oktantal	Stök. luftbehov (Nm^3)	Värme- värde (kWh/Nm^3)	Wobbe- index
Naturgaskvalitet	Naturgas	126	10,4	10,9	49,4
	Biogas (98)+7,5% gasol)	127	10,5	11,0	49,0
Biogasstandard	Biogas (98±1)	138,5±0,5	9,5±0,1	9,8±0,1	46,4±0,4
	Biogas (96±3)	139,5±1,5	9,3±0,1	9,6±0,1	46,2±0,4
	Biogas (84/16) + 7,5% gasol	132	9,3	9,7	39,2
	Biogas (90/10) + 7,5%gasol	130	10,2	9,9	44
	Deponigas(84/1/15)+7,5% gasol	111	9,3	9,7	42
Övrigt	Biogas (65) + 7,5% gasol	140	7,5	7,9	29,3

Naturgaskvalitet

Genom inblandning av gasol i uppgraderad biogas med 98% metan erhålls en med naturgas helt utbytbar biogas både för stökiometriska motorer och lean-burn motorer.

Biogasstandard

Biogas med 84% metanhalt och med inblandning 7,5% gasol har ett värmevärde och stökiometriskt luftbehov som är lika standard. Däremot blir oktantalet och framförallt wobbeindex lägre. Det lägre wobbeindex innebär för lean-burn motorer utan lamdareglering att energimängden in i motorn blir för liten i förhållande till luftmängden och effekten på motorn sjunker. Om luftmängden till motorn inte minskas eller laddningen ökas kommer blandningen till motorn att bli för mager för motorer som arbetar med lean-burning. För att uppnå ett

wobbeindex på 44 MJ/m³ (anges av Scania som undre gräns) måste metanhalten i biogasen efter rening uppgå till minst 90%. De lägre oktantalet innebär troligen att tändningen måste ändras.

Motorer med stökiometrisk förbränning och lamdakontroll bör kunna klara omställningen bättre.

Det finns möjligheter till att hitta en blandning av biogas med rätt metantal och rätt gasolinblandning som möjliggör att man kan köra med fordon utan omställning av motorparametrar vid tankning av biogas enligt biogasstandard. Detta måste dock först utredas närmare i samarbete med motor tillverkare.

Vid användning av deponigas med 15% kvävgasinnehåll måste koldioxidhalten minskas till högst 1% om biogasstandard skall kunna uppnås. Den låga metanhalten och frånvaron av koldioxid ger dock ett lågt oktantal.

Övriga

För kategorin övriga, ställs motorn in för den lokalt producerade gasen. Avvikelsen i oktantal, värmevärde och stökiometriskt luftbehov är dock inte större än att motorer som används för biogas enligt standard även kan användas i kategori 3 med omställning av tändning, och laddtryck vilket kan göras mjukvarumässigt.

En möjlighet än att utveckla en standard är att mäta gasens sammansättning och överföra denna information vid tankningen t ex via ett magnetkort till fordonet som sedan kan anpassa sina motorparametrar efter detta. En annan utveckling är att man placerar metantalsmätare etc på fordonet i gasen som tillförs motorn. Därigenom kan motorparametrarna ställas om så att en anpassning sker till aktuell gas. Sådan utrustning finns utvecklad för stationära motorer i Tyskland. Jfr tidigare delar. Det är dock troligt att en viss standardisering krävs trots denna utrustning.

5.6 RENINGS- OCH TANKNINGSANLÄGGNING

Reningsmetoder

Biogasen kan renas från föroreningar på ett flertal olika sätt. För att rena gasen från svavelväte används ofta fastbäddsmetoder. Gasen får här passera genom pellets av metalloxid, t.ex aktivt kol eller järnoxid. Problemet med metoden är att kostnaden för materialet ger höga driftskostnader och det kan vara svårt att bli av med bädden då den mättats med svavelväte. En metod att sänka kostnaderna för materialet kan vara att använda restprodukter från gruvindustrin som idag skickas för upparbetning. Fastbäddsmetoden kan inte avskilja fukt utan reningsanläggningen måste i detta fall kompletteras med en gastork. Metoden ger ingen höjning av metanhalten utan kan därför endast användas för att erhålla längre körsträcka.

Någon metod som är direkt utvecklad för och anpassad efter de behov som ställs om gasen delvis skall uppgraderas d v s en viss mängd koldioxid skall tas bort finns inte. Att använda konventionella metoder som PSA-teknik eller vattenskrubberteknik och ej utnyttja dem fullt ut är en möjlighet men det är troligen inte speciellt kostnadseffektivt.

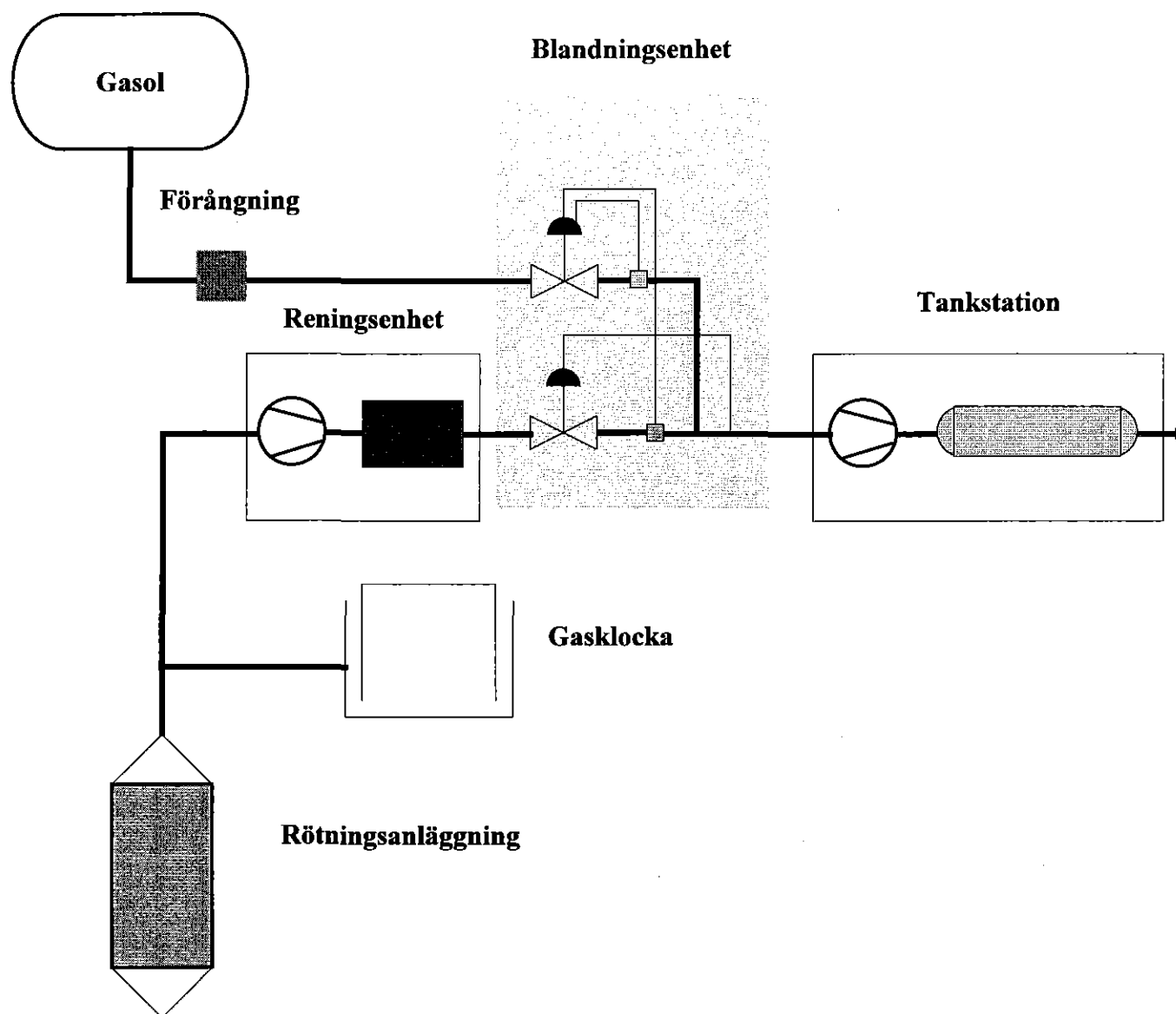
En metod som effektivt avskiljer både fukt, svavelväte och ammoniak samtidigt är den så kallade Selexolprocessen. Processen är en fysikalisk absorptionsmetod, som bygger på att koldioxid och spårämnen löser sig lättare i vätskan än vad metan gör. Om inte koldioxid behöver avskiljas kan processen förenklas avsevärt. Om biogasen innehåller låga svavelvätehalter (<200 ppm) kan absorptionen ske i en västskeringpump. Denna metod är emellertid oprövad.

En metod att höja metanhalten till upp emot 90% kan vara den så kallade tryckkondenseringsmetoden. Metoden innebär att koldioxiden avskiljs genom nedkylning av gasen under tryck. Det pågår för närvarande en parallell studie där metoden utvärderas. Att använda konventionell teknik som PSA metoden för koldioxidavskiljning är naturligtvis också möjligt men det innebär då ingen kostnadsbesparing. För uppgradering av biogas till naturgaskvalitet blir metoden dock aktuell.

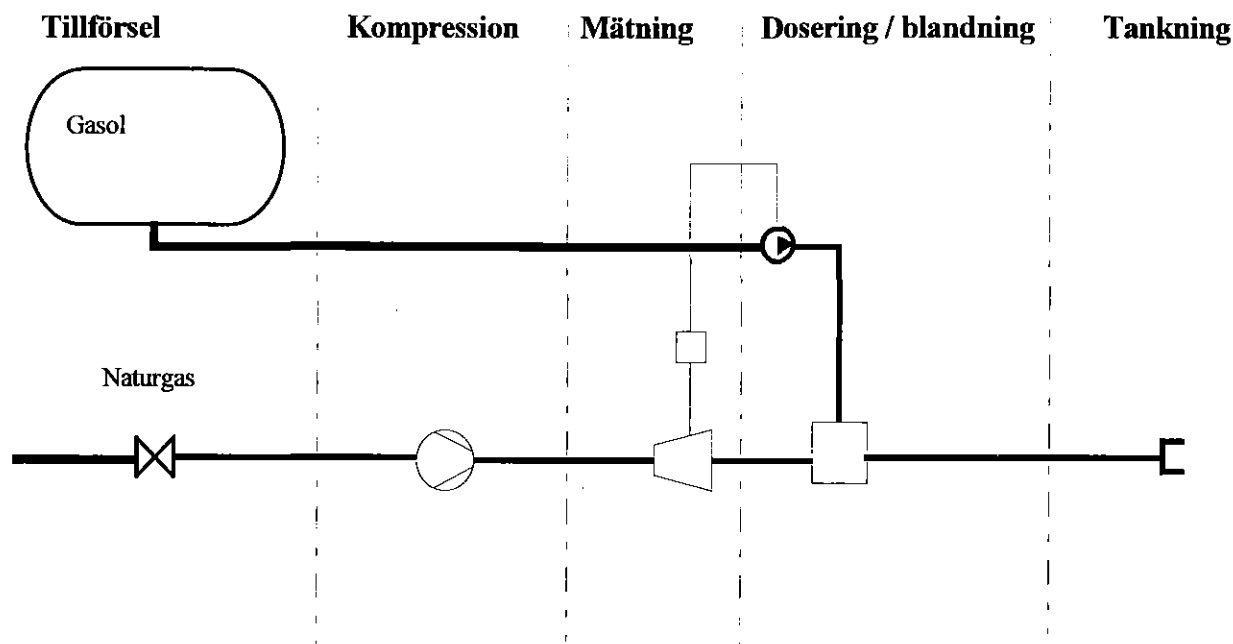
Gasoltillsats

Gasolen bör kunna tillsättas både före och efter komprimeringen. I figur 5 visas en principskiss för inblandning av gasol före kompressionen av gasen. Förslaget bygger på att mängden biogas mäts och gasolen doseras in i proportion till denna mängd. Beprövad teknik kan användas.

Gasolen bör även kunna tillsättas efter komprimeringen. I figur 6 visas en principskiss för hur detta skulle kunna gå till. Biogasmängden mäts och gasolen doseras i proportion till denna mängd med en doseringspump eller doseringsventil. Gasolen sprayas in i biogasen som har en temperatur av ca 90°C efter kompressionen. Tekniken är intressant men inte prövad och det kan vara svårt att garantera att all gasolen förångas.



Figur 5.6 Inblandning av gasol före kompressionen



Figur 5.7 Förslag till inblandning av gasol efter kompressionen

5.7 EKONOMI

Naturgasstandard

En gasolstation med en tank om 60m³ och förångningsutrustning med en kapacitet av 50 kg gasol per timme kostar ca 700 kkr. Denna räcker till en stor biogasanläggning med en produktion på ca 300 Nm³/h. Kostnaden för inblandningsutrustningen bedöms till ca 100 kkr.

Kostnaden för gasolen inkl. fordonsskatt är ca 350 kr/MWh. Gasolinblandning innebär en ökad energi- och gasmängd ut ur anläggningen. Under förutsättning att det finns avsättning för detta och att priset som kan tas ut är högre än 350 kr/MWh ger gasoltillsatsen ett ökat täckningsbidrag till anläggningen. Detta kan användas för att täcka hela eller delar av kapitalkostnaden för gasolutrustningen.

Biogasstandard

För stora anläggningar är den specifika investeringen per Nm³/h gas för uppgradering till biogasstandard relativt låg. I dessa fall är det troligen bäst att använda gasolinblandningen till att uppgradera biogasen till naturgasstandard. Den största vinsten med gasolinblandning finns troligen i mindre anläggningar omkring 50-100 Nm³/h producerad gas. Eftersom det inte finns några anläggningar som är utvecklade för uppgradering till 80-85% metan är det svårt att bedöma investeringskostnaden. En bedömning är dock att kostnaden kan minska mellan 1-1,5

MSEK för en anläggning med produktion av 50 Nm³ /h färdig gas jämfört med en anläggning som uppgraderar till 98% metan.

Övriga

För de som är intresserade av att kunna utnyttja biogas småskaligt till lägsta möjliga investering men inte har krav på en standard utan vill uppnå en viss körsträcka kan gasolinblandning vara ett alternativ. För en anläggning som producerar gas motsvarande 100 kW bedöms kostnaden bli 250-350 kr /MWh för den färdiga gasen beroende på metanhalt och behov av svavelväteavskiljning. Detta kan jämföras med dieselpriset som är 420 kr/MWh.

5.8 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Slutsatser

Naturgasstandard

Studien visar att inblandning av naturgas i uppgraderad biogas med 98% metan ger en gaskvalitet som är helt utbytbar med naturgas när det gäller fordonsdrift. Genom gasoltillsats efter uppgradering kan därför identiska fordon användas för biogas och naturgas utan någon omställning av fordonen. Utbytbarheten med naturgas gör det möjligt att vid driftavbrott i biogasanläggningen använda naturgas som ersättningsbränsle. Uppgradering till naturgaskvalitet underlättar hela uppbyggnaden av gasdrift för fordon genom att gasen är helt kompatibel och att fordonen inte behöver ställas om utan tankning kan ske på såväl platser där det finns naturgas som där det finns biogas med tillsats av gasol. Förutom att naturgasfordon kan användas fullt ut ger gasolinblandningen en förlängd körsträcka med ca 15% jämfört med uppgraderad biogas utan gasoltillsats. Under förutsättning att avsättning finns för all producerad biogas inklusive gasoltillsatsen medför den ingen kostnadsökning för biogasen.

Biogasstandard

Det är osäkert om det går att uppnå biogasstandard genom inblandning av gasol om både kraven på lika oktantal och värmevärde samt ett acceptabelt Wobbeindex skall uppnås. Ytterligare utredning krävs på detta område. Kunskapen om vilka reningsmetoder som är optimala behöver också utredas närmare och praktiska försök utföras. För stora anläggningar är det troligen bättre att uppgradera biogasen till 98% metan och sedan tillsätta gasol för att få naturgaskvalitet. För mindre anläggningar upp till 500 kW producerad gas kan metoden dock visa sig ekonomiskt fördelaktig. Det är dock troligt att motorn måste ställas om, dock endast mjukvarumässigt om man i samma fordon skall tanka naturgas eller annan biogas. Framtida utveckling av metantalsmätare på fordonen kan medföra att omställningen görs per automatik.

Övriga

För mindre lokala anläggningar för omkring 100 kW producerad gas kan metoden med gasolinblandning göra det möjligt att producera biogas som ger en körsträcka som är lika lång som för uppgraderad biogas med 98% metan till en kostnad som är lägre än för diesel. Det är dock troligt att motorn måste ställas om, dock endast mjukvarumässigt om man i samma fordon

skall tanka naturgas eller annan biogas. Framtida utveckling av metantalsmätare på fordonen kan kanske medföra att detta görs per automatik.

Fortsatt arbete

Naturgasstandard

1. En demonstrationsanläggning för biogas med naturgaskvalitet bör byggas. Här kan tekniken med inblandning testas och test med fordon kan verifiera motordriften

Biogasstandard

1. Optimala reningsmetoder för rening av biogas och deponigas före gasolinblandning bör utredas närmare
2. Diskussionen med motortillverkare om möjligheten att hitta en sammansättning med biogas gasol som kan uppfylla kraven i en framtida biogasstandard
3. Närmare undersöka möjligheterna att ställa om motorparametrar antingen via magnetkort eller direkt på fordon via metantalsmätare etc.

Övriga

1. Lika punkt 1 och 3 ovan
2. Uppförande av demonstrationsanläggning

6 LITTERATURFÖRTECKNING

1. F.R. van Gaalen, *Advanced methods of filling NGV's*, Metha Motion Amsterdam 1993
Conference proceedings
2. Jan Jensen, Jan de Wit, Niels Michaelsen, *Kombineret användelse av naturgas och biogas*, DGC 1993
3. William E. Liss, David S. Moulton, *Effect of propane-air on NGVS and vehicle fueling stations*, GETA 94-02, Gas Research Institute, Chicago 1994
4. N.C. Pehrson et. Al., The challenge of meeting gas composition requirements-A study by a propane air peakshaving utility
5. Rolf Egnell, *"Orenad" biogas som fordonsbränsle*, Aspen Utvecklings AB, Vittskövle 1994
6. Lars Brolin, Mats Hagelberg, Annika Norström, *Biogas som drivmedel för fordon*, NUTEK R1995:1, KFB-rapport 1995:3
7. Hans-Jürgen Schollmeyer, Hans Wackertapp, *Gasbeschaffenheit und Gasmotoren*, "Gas/Erdgas" 132 1991, Häfte 2 Sida 66-71
8. H.-J. Schiffgens, P. Hupperich, H.-J. Schollmeyer, *The Effect of Methane Numbers on Internal Combustion in Otto-Cycle Gas Engines*, Rapport FEV Motorentechnik&Ruhr gas

Gas data för Svensk naturgas:

Huvudkomponenter		Gränsvärde mol%		Typvärde mol%
Metan	CH_4	≥ 75	CH_4	91,0
Etan	C_2H_6	≤ 9	C_2H_6	5,1
Propan	C_3H_8	≤ 6	C_3H_8	1,8
Butan	C_4H_{10}	≤ 2	$\text{C}_4\text{H}_{10} \text{ (i + n)}$	0,85
Pentan och tyngre kolväten	$\text{C}_5\text{H}_{12}+$	≤ 1	$\text{C}_5\text{H}_{12} \text{ (i + n)}$	0,25
			C_6H_{14}	0,1
Kväve	N_2	≤ 5	N_2	0,3
Koldioxid	CO_2	≤ 2	CO_2	0,6



II TERMINAL GAS

– ett företag i Sydkraftkoncernen

SPECIFIKATION PROPAN 95 (GASOL, LPG, FLÜSSIGGAS)

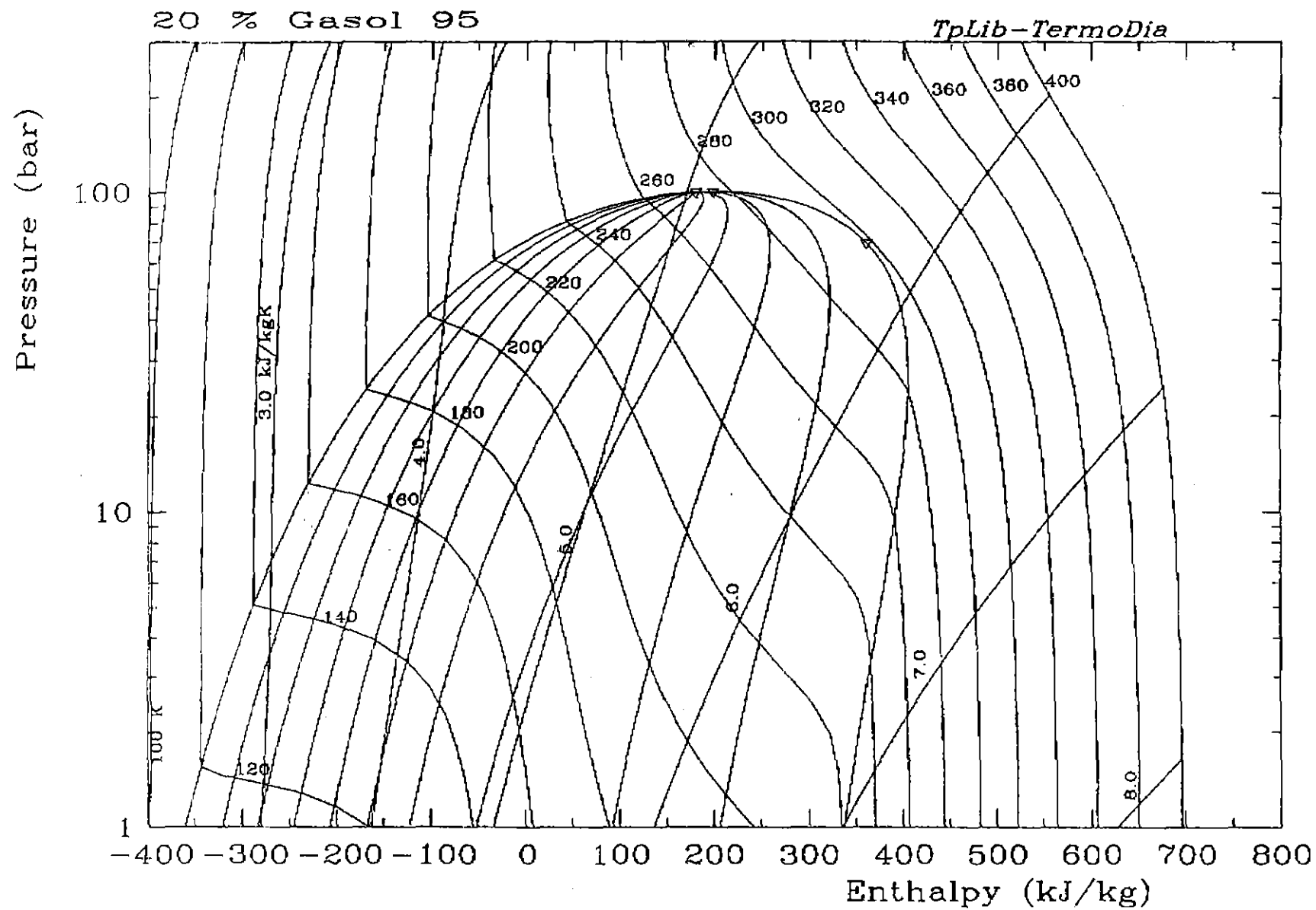
1989-01-01

KEMISK SAMMANSÄTTNING			Kvalitetskrav	Typvärde	Analysmetod
Metan	C_2H_4	mol % (= vol % gas)	Max 0,5	<0,01	Gaskromatografi
Etan	C_2H_6	"	Max 2,0	0,9	"
Propan	C_3H_8	"	Min 95,0	97,0	"
Butaner	C_4H_{10}	"	Max 5,0	1,5	"
Pentaner o tyngre	"	"	Max 0,5	<0,1	"
Olefiner	C_nH_{2n}	"	Max 3,0	0,5	"
Svavel S (ej odör)			Max 25 mg/kg	10 mg/kg	ASTM D 2784
Indunstningsrester			Max 50 mg/kg	10 mg/kg	SS 15 51 70
Kopparkorrosion			Max 1	1A	ASTM D 1838
Fritt vatten			Förekommer ej	Förekommer ej	

100 ppm, metylalkohol tillsättes under perioden 1 augusti—31 mars.

FYSISKA DATA			Typvärde	Analysmetod
Vätskefas:				
Densitet	vid 15°C	kg/m ³	510	ASTM D 2598
Kokpunkt	vid 101 kPa (= 1 bar)	°C	−42	
Ångtryck övertryck				ASTM D 2598
	vid −40°C	MPa (= 0,1 x bar)	0,01	
	−20°C	MPa	0,14	
	0°C	MPa	0,38	
	+20°C	MPa	0,73	
	+40°C	MPa	1,30	
Gasfas:				
Densitetstal	vid 101 kPa och 15°C luft = 1,00		1,55	
Densitet	vid 101 kPa och 0°C	kg/m ³	2,03	
Volymgas	vid 101 kPa och 0°C	dm ³ /kg vätska	495	
Daggpunkt	vid 50 kPa	°C	−33	
	100 kPa	°C	−25	
	200 kPa	°C	−14	
	300 kPa	°C	− 6	
	400 kPa	°C	0	

FÖRBRÄNNINGSDATA			Typvärde	Analysmetod
Kalorimetriskt värmevärde (övre)	MJ/kg		50,45	DIN 51612 51850
	kWh/kg		14,0	
	vid 101 kPa och 0°C	MJ/m ³	101,90	
		kWh/m ³	28,2	
Effektivt värmevärde (undre)	MJ/kg		46,2	
	kWh/kg		12,8	
	vid 101 kPa och 0°C	MJ/m ³	94,15	
		kWh/m ³	26,0	
Explosionsgräns i luft	vol % gas		2,1—10,1	



Sammansättning för 60% naturgas och 40% ej uppgraderad biogas med 65%metan och 35% koldioxid

Komponent		mol %
Metan	CH ₄	80.600
Etan	C ₂ H ₆	3.060
Propan	C ₃ H ₈	1.080
Butan	C ₄ H ₁₀	0.510
Pentan	C ₅ H ₁₂	0.150
Hexan	C ₆ H ₁₄	0.060
Koldioxid	CO ₂	14.360
Kväve	N ₂	0.180

Undre värmevärde 32,815 MJ/Nm³

96-09-03

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

96-09-03

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 tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning	Nov 92	Per Carlsson, Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	150
031	Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri	Nov 92	Carl-Axel Triumf Triumf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150

96-09-03

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 Miljökonserterna	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

96-09-03

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

96-09-03

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
067	Natargasmodellen. 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	CO2-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
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
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

96-09-03

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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