
Rapport SGC 177

LCMG – pilotprojekt för LMG som fordonsbränsle i Sverige

©Svenskt Gastekniskt Center – Juli 2007



Anna Pettersson
Michael Losciale
Stefan Liljemark
Vattenfall Power Consultant AB

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 dylikt 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 på SGC:s hemsida www.sgc.se.

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, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energikoncernen AB (publ) och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

E.ON Gas Sverige AB
FordonsGas Sverige AB
Svensk Biogas i Linköping AB
AGA Gas AB
Göteborg Energi AB

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB

Jörgen Held



SAMMANFATTNING

En LCMG-infrastruktur med distribution av flytande metan som kan tankas som antingen LMG, flytande metan, eller CMG, komprimerad metan öppnar nya möjligheter för användningen av fordonsgas i Sverige:

- En LCMG-infrastruktur förstärker den befintliga infrastrukturen för fordonsgas samtidigt som den är ett alternativ för tung trafik.
- Flytande metan har en väsentligt lägre transportkostnad vilket gör att den kan distribueras till delar av landet som varken har lokal biogasproduktion eller naturgasnät.
- Möjliggör storskalig biogasproduktion eftersom avsättningen för gasen inte längre måste finnas i närområdet (flytande biogas kan transporteras till tankstationer längre bort eller blandas in på naturgasnätet).
- Flytande koldioxid som i vissa fall erhålls vid produktion av flytande biogas kan ersätta diesel i kylaggregat vid kyltransporter av t.ex. livsmedel.

I följande studie har pilotprojekt för att introducera de olika delarna i en LCMG-infrastruktur i Sverige designats. Rapporten som har tyngdpunkt på teknik och ekonomi riktar sig framför allt till dem som är intresserade av att bygga anläggningar för produktion av LMG eller LCMG-tankstationer. Rapporten baseras på information från olika leverantörer.

Förutom teknik och ekonomi har även regelverk, investeringsbidrag och intressenter berörts.

LCMG-tankstationer är idag kommersiell teknik. De kan byggas antingen som fasta installationer eller som containerinstallationer. Kostnaden för en LCMG-tankstation (exkl. markarbeten och anslutning av el m.m.) ligger mellan 4 och 6 miljoner kronor beroende av utformning.

Innan kondensering av biogas och naturgas kan ske måste metanet vara mycket rent från koldioxid, vatten och svavelväte eftersom dessa ämnen annars kan frysa fast i t.ex. värmeväxlare.

Produktion av flytande biogas kan ske på två sätt: med integrerad teknik där uppgradering och kondensering av biogasen sker i samma anläggning eller med en separat uppgraderingsanläggning följt av en kondenseringsanläggning. Integrerad teknik (ofta kallad kryogen uppgraderingsteknik) är fortfarande delvis under utveckling och kommersialisering. Diskussioner har förts med tre leverantörer av denna typ av integrerad teknik. Anläggningar med separata steg för uppgradering och kondensering är däremot mer beprövad och kommersiell teknik. Kostnaden för att producera flytande biogas med den senare tekniken ligger enligt budgetofferter från leverantörer mellan 1,3 och 2,6 kr/Nm³ LMG.

Teknik för småskalig produktion av LMG vid mät- och reglerstationer på naturgasnätet är i liknande situation som teknik för produktion av flytande biogas. Teknik med integrerad rening och kondensering av naturgas är under kommersialisering och frågor kring licenser och patent diskuteras mellan olika företag. Diskussioner har förts med tre möjliga leverantörer.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte.....	4
2	METODBESKRIVNING.....	5
2.1	Cryostar	5
2.2	Vanzetti Engineering.....	6
2.3	Idaho National Laboratory	6
2.4	The Hardstaff Group	6
2.5	Prometheus Energy	6
2.6	BOC/Linde	6
2.7	Volvo/Mack/Acrion.....	7
3	PILOTPROJEKT 1 – CMG OCH LMG VID LMG-BACKUP	8
3.1	Tekniska förutsättningar	8
3.2	Utformning	9
3.3	Kostnad.....	11
4	PILOTPROJEKT 2 – LCMG-TANKSTATION	13
4.1	Tekniska förutsättningar	13
4.2	Utformning	13
4.3	Kostnad.....	17
5	SMÅSKALIG KONDENSERING AV BIOGAS OCH NATURGAS.....	19
5.1	Closed-loop kondensering	19
5.2	Open-loop kondensering	21
6	PILOTPROJEKT 3 – LMG PRODUKTION VID MR-STATION	22
6.1	Tekniska förutsättningar	22
6.2	Diskussioner	23
7	PILOTPROJEKT 4 – KRYOGEN UPPGRADERING AV BIOGAS	26
7.1	Tekniska förutsättningar	26
7.2	Utformning / Diskussioner.....	27
7.3	Kostnad.....	34
8	AVSÄTTNING FÖR FLYTANDE KOLDIOXID	37
8.1	Kyltransport – koldioxidaggregat	37
9	BESKRIVNING AV REGELVERK FÖR DE OLIKA PILOTPROJEKTEN.....	40
9.1	Naturgaslagen (2005:403) och Naturgasförordningen (2006:1043)	40
9.2	Miljöbalken (1998:808), förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899)	41
9.3	Seveso-lagstiftningen Lag (1999:381) samt förordning (1999:382) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor....	44
9.4	Lag (2006:263) transport av farligt gods.....	45
9.5	Sammanställning av regelverk för pilotprojekten	46
10	BIDRAG	47
10.1	KLIMP	47
10.2	Sjunde ramprogrammet	47
10.3	CIP-Competitiveness and Innovation Programme.....	49
11	INTRESSETER	50
12	KOMMENTARER OCH SLUTSATSER	51
12.1	Pilotprojekt 1 – CMG och LMG från LMG-backup	51

12.2	Pilotprojekt 2 – LCMG-tankstation	51
12.3	Pilotprojekt 3 – LMG-produktion vid MR-station	52
12.4	Pilotprojekt 4 – LMG-produktion från biogas	52
12.5	Flytande koldioxid	53
12.6	Regelverk.....	54
12.7	Bidrag	54
12.8	Intressenter	54
13	REFERENSER	55

NOMENKLATUR OCH FÖRKORTNINGAR

Tabell 1: Förkortningar och förklaringar.

Förkortning	Förklaring
CMG	Compressed Methane Gas, komprimerad metangas i form av biometan eller naturgas.
Dottertankstation	Tankstation dit råvaran (CMG eller LMG) transporteras med växelflak eller trailer.
LCMG	Liquefied to Compressed Methane Gas (tankstation där LMG är råvaran vilken kan tankas som antingen LMG eller CMG).
LMG	Liquefied Methane Gas, flytande metan i form av biometan eller naturgas.
MR-station	Mät och Reglerstation, station på naturgasnätet där trycket reduceras t.ex. från transmissionsledning till distributionsledning.
Nm ³	Normalkubikmeter, gasvolymen vid 101,3 kPa och 0°C. I den här rapporten uttrycks även LMG i motsvarande mängd Nm ³ gas för att jämförelser mellan LMG och CMG enkelt skall kunna göras.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

I SGC-rapport 167 "LCNG-studie – möjligheter med LNG i fordonsgasförsörjningen i Sverige" belyses tekniska och ekonomiska förutsättningar för användning av LMG, från naturgas och biogas, för att förbättra infrastrukturen för fordonsgas i Sverige. I den första LCMG-studien utreddes följande:

- Produktion av flytande biogas med hjälp av kryogen uppgraderingsteknik.
- Produktion av LMG vid mät- och reglerstationer (MR-stationer) på naturgasnätet.
- Distribution av LMG med trailer.
- Användning av LMG i LCMG-tankstationer.
- En LCMG-infrastruktur för långväga tung trafik i Sverige.

Då naturgasnätet endast är utbyggt i en mindre del av Sverige och då biogasanläggningar finns på ett begränsat antal platser är användning av LMG ett mycket intressant alternativ för att förbättra infrastrukturen för fordonsgas i Sverige.

1.2 Syfte

Detta projekt avser att ge förslag på hur användningen av LMG till fordonsgasförsörjningen i Sverige kan introduceras genom att beskriva olika pilotprojekt. De olika pilotprojekten är:

1. CMG-tankning vid LMG-backup, LMG-tankning vid LMG-backup
 - a. Installation av kryopump, förångare och CMG-lager på en biogasanläggning med befintlig LMG-försörjning för tankning av CMG.
 - b. Installation av LMG-dispenser på två biogasanläggningar med LMG-backup för tankning av tung lastbil.
2. LCMG-tankstation
LCMG-dottertankstation som försörjs med import från t.ex. Norge.
3. LMG-produktion vid MR-station
Anläggning för produktion av LMG vid MR-station på naturgasnätet för försörjning av LCMG-dottertankstationer.
4. LMG-produktion från biogas
Produktion av LMG (och ev. LCO₂) från biogas.

Pilotprojekten har ingen inbördes rangordning.

Förutom teknik och ekonomi har även regelverk, möjlighet att söka investeringsbidrag och möjliga intressenter identifieras.

2 METODBESKRIVNING

När det gäller teknik och ekonomi för pilotprojekten har diskussioner förts med och budgetförfrågningar skickats ut till ett antal leverantörer. En del tekniker är redan utvecklade och fullt kommersiella, andra är under utveckling eller kommersialisering. Detta har gjort att informationen för respektive pilotprojekt varierar. För vissa av pilotprojekten har budgetofferter erhållits medan för andra har diskussioner inletts med leverantörer.

De leverantörer som det har förts diskussioner med angående respektive pilotprojekt kan ses i Tabell 2 nedan.

Tabell 2: Diskussioner angående pilotprojekten har förts med nedanstående leverantörer.

Pilotprojekt 1	Pilotprojekt 2	Pilotprojekt 3	Pilotprojekt 4
CRYOSTAR (Frankrike)	CRYOSTAR (Frankrike)	CRYOSTAR (Frankrike)	Prometheus Energy (USA)
Vanzetti Engineering (Italien)	Vanzetti Engineering (Italien)	Idaho National Laboratory (USA)	BOC-group (USA/England)
	Chart Ferox (Tjeckien)	Hardstaff Group (England)	Volvo AB/ MACK/Acrion (Sverige/USA/USA)

2.1 Cryostar

Cryostar är ett internationellt företag specialiserat på kryogen utrustning. Företaget grundades 1966 och är i dag aktiva på samtliga kontinenter. Företagsledning och FOU finns i Frankrike, huvudkontoret med 300 anställda finns i Hésingue, Frankrike.

Cryostar är en medlem i the Linde Group som har 53 000 anställda.

Cryostar levererar pumpar, turbiner, kompressorer, värmewäxlare, turboexpandrar, tankstationer för CMG, LMG och LCMG samt kondenseringsanläggningar.

Exempel på referensanläggningar:

- LCMG-stationer: en i England och fyra i Brasilien.
- Kondenseringsanläggningar på LMG-fartyg (kondensering av förångad LMG)

Cryostar kan leverera helhetslösningar, turn-key anläggningar.

2.2 Vanzetti Engineering

Vanzetti Engineering är ett företag med huvudkontor i Italien men med kontor även i Tyskland och Argentina. Företaget grundades 1983.

Vanzetti Engineering är en leverantör av LCMG-komponenter såsom kryogena pumpar, förångare och utrustning fyllning av gas. De är också en turn-key leverantör och kan leverera hela LCMG-tankstationer med undantag för markarbeten.

2.3 Idaho National Laboratory

Idaho National Laboratory (INL) är ett forskningslaboratorium som grundades 1949 i USA. INL arbetar på uppdrag av U.S. Department of Energy för att ta fram tillämpbar teknik inom bl.a. energiområdet. INL har 1 300 anställda forskare.

INL har utvecklat en teknik för småskalig framställning av LMG som enligt INL kan konkurrera ekonomiskt med storskaliga anläggningar.

2.4 The Hardstaff Group

The Hardstaff Group är ett åkeri i England som har utvecklat sitt eget LCMG-system och har drygt 70 lastbilar konverterade till dual-fuel.

The Hardstaff Group får under sommaren 2007 patent på en teknik som utvecklats för kondensering av biogas och naturgas.

2.5 Prometheus Energy

Prometheus Energy är ett företag i USA med ca 50 anställda. Företaget grundades 2003 men tekniken som företaget tillhandahåller har utvecklats av en av grundarna under 30 år.

Prometheus Energy har utvecklat en teknik för småskalig LMG-produktion från deponigas.

2.6 BOC/Linde

BOC Gases är ett internationellt företag som har varit verksamma inom industrigas i över 100 år. År 2006 bildade BOC Gases och Linde, the Linde Group med ca 53 000 anställda runt om i världen.

BOC/Linde har licens på en teknik för produktion av LMG från deponigas och biogas.

2.7 Volvo/Mack/Acrion

Volvokoncernen med huvudkontor i Göteborg har via dotterbolaget Mack Trucks licens på en teknik för uppgradering och kondensering av deponigas och biogas till LMG och flytande koldioxid. Tekniken är utvecklad av det amerikanska företaget Acrion.

3 PILOTPROJEKT 1 – CMG OCH LMG VID LMG-BACKUP

Pilotprojekt 1 innebär att testa CMG-tankning och LMG-tankning från befintliga LMG-backuper på biogasanläggningar. CMG-tankning genom anslutning av kryopump, förångare, CMG-lager och CMG-dispenser och LMG-tankning genom anslutning av pump och LMG-dispenser.

LMG-backuper som kan användas finns på följande biogasanläggningar:

- Linköping
- Eskilstuna
- Västerås
- Stockholm
- Uppsala

Vid samtal med Cryo AB i Göteborg har framkommit att de befintliga LMG-backuperna, d.v.s. lagertankarna, inte är lämpliga för anslutning till tankning av CMG- och LMG i sitt nuvarande utförande.

Vid samtal med Cryo AB i Göteborg har framkommit att de befintliga LMG-backuperna, d.v.s. lagertankarna (cryotankar), inte är lämpliga för anslutning till tankning av CMG- och LMG i sitt nuvarande utförande. Tankarna står direkt på marken och är inte upphöjda vilket gör att det inte finns någon vätskepelare till pumpen. Detta gör att det kan bli undertryck vid pumpning varvid LMG:n förångas och pumpen kaviterar. Pumpen måste alltså stå lägre än tanken. Detta skulle kunna lösas genom att bygga om tankarna och höja upp dem. För att få en säker pumpfunktion, kylning av pumpen, är det viktigt att tankarna är av typen thermosiphon, vilket innebär att det blir en självcirkulation från den lägre placerade pumpen tillbaka till tanken.

Vid design av pilotprojekten förutsätts trots detta ifrån att de befintliga LMG-backuperna är anpassade/har anpassats för CMG- och LMG-tankning.

3.1 Tekniska förutsättningar

3.1.1 Pilotprojekt 1a – CMG-tankning från befintlig LMG-backup

De tekniska förutsättningar som har legat till grund för utformningen av pilotprojekt 1a, CMG-tankning från befintlig LMG-backup på en biogasanläggning har varit följande:

- Den förångade och trycksatta CMG:n skall ha ett tryck på 250 bar då den lagras i ett högtryckslager.

- Tankningen regleras av dispensern till ett temperaturkompenserat tryck på 200 bar vid 15 °C med ett maxtryck på 230 bar.
- Dispensern skall inkludera ett mätsystem för debitering av gas.
- Dispensern skall vara en singeldispenser av typen NGV-1 (bilar).
- Förväntad omsättning per dag: 1 000 Nm³.

3.1.2 Pilotprojekt 1b – LMG-tankning från befintlig LMG-backup

De tekniska förutsättningar som har legat till grund för utformningen av pilotprojekt 1b, LMG-tankning från befintlig LMG-backup på en biogasanläggning har varit följande:

Kapaciteten på LMG-dispensern skall vara utformad för tankning av tunga fordon.

3.2 Utformning

3.2.1 Cryostar - Pilotprojekt 1a & 1b

Cryostar har lämnat ett förslag på en fast installerad anläggning med både CMG- och LMG-tankning från en befintlig LMG-backup. Kostnaderna kan separeras för CMG- respektive LMG-systemet. Förslaget fungerar också som förslag på en fast installerad LCMG-tankstation, den behöver bara kompletteras med en LMG-lagertank.

Anläggningen är nyckelfärdig där beställaren förbereder markarbete. Cryostar anger att de har designat ett system för att minimera ventilation av förångad metan till atmosfär. Systemet har enligt uppgift en ljudnivå på 75 dB en meter från LMG-pumpen.

Följande komponenter ingår och ansluts till den befintliga LMG-tanken:

CMG-sidan av anläggningen:

- Kryogen pump: kapacitet 7,4 l/min (260 Nm³/h) som höjer trycket på LMG:n till max 350 bar.
- Högtrycksförångare: kapacitet 260 Nm³/h vid max 230-420 bar där den trycksatta LMG:n förångas med hjälp av omgivningsluft. Temperaturen på den förångade LMG:n är 15 °C lägre än omgivningstemperaturen.
- Elektriska "trim-heater": 6 stycken för värmning av gasen då utetemperaturen är så låg att förångaren ej räcker till för att höja temperaturen på gasen till >-20 °C eftersom komponenterna efter förångaren inte klarar lägre temperaturer.
- Odöriserings system: LMG:n är inte odöriserad.

- CMG-lager: 1900 liter, max tryck 300 bar.
- Instrumentluftskompressor och kvävegenerator.
- Betalsystem
- Dispenser: kapacitet ca. 45 Nm³/min
- PLC-system etc.: styrning och reglering av tankstationen.

LMG-sidan av anläggningen:

- LMG-dispenser som består av: LMG-pump, kapacitet 300 l/min och dispensersystemet för LMG-tankning. Dispensersystemet är utfomat så att förångad LMG i fordonets tank först förs tillbaka till tankstationens LMG-lagertank varefter LMG börjar fyllas i fordonet. Detta för att minimera utsläppen av förångad LMG till atmosfär.



Figur 1: En av Cryostars fast installerade LCMG-stationer i Brasilien.

3.2.2 Vanzetti Engineering - Pilotprojekt 1a & 1b

Vanzetti Engineering har lämnat en budgetoffert på följande utrustning för CMG-tankning från befintlig LMG-backup:

- Kryogen pump: kapacitet 12,3 l/min (260 Nm³/h) som höjer trycket på LMG:n till 250 bar (max 420 bar).

- Högtrycksförångare: kapacitet 400 Nm³/h vid max 300 bar där den trycksatta LMG:n förångas med hjälp av omgivningsluft. Temperaturen på den förångade LMG:n är 15 °C lägre än omgivningstemperaturen.
- CMG-lager: 80 liter, max tryck 300 bar vilket motsvarar att 370 Nm³ kan lagras.
- Betalsystem
- Dispenser
- Rekommenderar odörisering och PLC-system men har ej lämnat pris på dessa komponenter.

3.2.3 Pilotprojekt 1b – LMG-tankning från befintlig LMG-backup

Vanzetti Engineering har lämnat en budgetoffert på följande utrustning för LMG-tankning från befintlig LMG-backup:

- Högtrycks LMG-dispenser: kapacitet 190 l/min
- LMG-pump med vakuumisolerad kryogen tank 25 bar (maxtryck): kapacitet 25-200 l/min LMG

3.3 Kostnad

3.3.1 Cryostar – Pilotprojekt 1a & 1b

I Tabell 3 nedan presenteras Cryostars budgetpris för ett CMG- och ett LMG-tankningssystem installerat på en befintlig LMG-backup.

Kostnader som tillkommer utöver detta är markarbete samt anslutningar av el osv. som ombesörjs av beställaren.

Tabell 3: Kostnad för pilotprojekt 1a och 1b, Cryostar.

	Kostnad [SEK]
CMG-system	1 960 000
LMG-system	920 000
Transport till Stockholm	40 000
Installation (Cryostar)	220 000
Drifttagning och utbildning	110 000
TOTALT	3 250 000

3.3.2 Vanzetti Engineering – Pilotprojekt 1a & 1b

I Tabell 4 nedan ses budgetkostnad för de komponenter som Vanzetti Engineering har offererat.

För ett komplett system saknas bl.a. odörisering, PLC-system, betalsystem, instrumentluftskompressor och kvävegenerator, transportkostnad, installationskostnad, drifttagning och utbildning samt markarbete.

Tabell 4: Kostnad för komponenter till pilotprojekt 1a & 1b, Vanzetti Engineering.

	Kostnad [SEK]
Kryogen pump (CMG-systemet)	240 000
Förångare	85 000
CMG-lager	150 000
CMG-dispenser	240 000
Kryogen pump (LMG-systemet)	350 000
LMG-dispenser	315 000

4 PILOTPROJEKT 2 – LCMG-TANKSTATION

4.1 Tekniska förutsättningar

De tekniska förutsättningar som har legat till grund för utformningen av pilotprojekt 2, LCMG-dottertankstation har varit följande:

- En LCMG/LMG-tankstation med möjlighet att tanka både LMG och CMG.
- LCMG-tankstationen skall vara utrustad med en dubbeldispenser för CMG och en enkeldispenser för LMG. CMG-dispenserna skall ha ett munstycke för bilar NGV-1 och ett för bussar NGV-2.
- Kapaciteten på stationen: Lämplig för tankning av tunga fordon.
- Förväntad omsättning per dygn: 2 000 Nm³ (varav huvuddelen CMG).
- Tryck på CMG:n: upptill 230 bar med en temperaturkompensering till 200 bar och 15 ° C.

4.2 Utformning

4.2.1 Containerinstallation – Cryostar

Cryostars förslag på en publik LCMG/LMG-tankstation i detta pilotprojekt, är en containerlösning. Enligt Cryostar är detta koncept det bästa alternativet för transport, maximal säkerhet och prestanda samt lägst installationskostnad. En containerinstallation är lätt att flytta vilket gör att den kan demonstreras och testas på flera platser.

En containerinstallerad station består av en LMG-lagertank på en skid, en LCMG-container med all utrustning för CMG-systemet (pump, förångare, odörisering m.m.) och en LMG-skid med samtlig utrustning för LMG-systemet (pump dispenserutrustning m.m.). LMG-skiden placeras nära LMG-tanken för att minimera uppvärmning av LMG:n.

LCMG-containern och LMG-skiden är installerade i enlighet med ATEX och PED och redan CE-märkta då de installeras på plats.

Containrar och skidarna placeras på ett område omgivet av en mur, se Figur 2 nedan. Muren har ett både säkerhetsmässigt och estetiskt syfte. Eftersom det är publik tankstation gör muren att allmänheten inte kan ta sig in till utrustningen.

Den dubbla CMG-dispensern placeras på en egen "ö" och ansluts till LCMG-containern via en ledning under mark.

LMG-dispensern placeras på väggen vid stationen och ansluts till LMG-skiden via en vakuumisolerad ledning.

När det gäller installation och markarbete, förbereder beställaren ön för CMG-dispensern, muren runt stationen, stödet för LMG-tanken och om nödvändigt invallning för uppsamling av LMG (vid läckage) och smältvatten från förångarna. Ledningsdragning under mark förbereds också av beställaren så att det är klart att ansluta till LCMG-containern.

Luft- och kvävesystemet liksom stationens kontrollpanel placeras i en avskild del utanför klassat område.

Stationens betalsystem installeras bredvid dispenserna och fungerar för betalning vid både CMG- och LMG-tankning.

Tankstationen har enligt uppgift en ljudnivå på ca 75 dB.



Figur 2: Förslag på containermonterad LCMG-tankstation, Cryostar.

Nedan följer en presentation av de komponenter som ingår i den offererade stationen:

- Vertikal LMG-lagertank på 20 m³ med två uttag (ett för LMG och ett för CMG) från Cryo AB i Göteborg.

CMG-sidan av anläggningen:

- Kryogen pump: kapacitet 9 l/min (350 Nm³/h) som höjer trycket på LMG:n till max 350 bar.
- 2 Högtrycksförångare: kapacitet 175 Nm³/h (vardera) vid max 230-420 bar där den trycksatta LMG:n förångas med hjälp av omgivningsluft. Temperaturen på den förångade LMG:n är 15 °C lägre än omgivningstemperaturen.

- Elektriska "trim-heater": 6 stycken för värmning av gasen då uttemperaturen är så låg att förångaren ej räcker till för att höja temperaturen på gasen till minst -20 °C. (Komponenterna efter förångaren klarar inte temperaturer under -20 °C.)
- Odöriseringsystem: LMG:n är inte odöriserad.
- CMG-lager: 1900 liter, max tryck 300 bar.
- Instrumentluftskompressor och kvävegenerator.
- Betalsystem
- Dubbeldispenser för CMG, ett NGV1- (bilar) och ett NGV2- (lastbilar, bussar) munstycke. Kapacitet ca. 20 Nm³/min NGV1 och 40 Nm³/min NGV2.
- PLC-system etc: styrning och reglering av tankstationen.

LMG-sidan av anläggningen:

- LMG-dispenser som består av: LMG-pump, kapacitet 300 l/min och dispensersystemet för LMG-tankning. Dispensersystemet är utformat så att förångad LMG i fordonets tank först förs tillbaka till tankstationens LMG-lagertank varefter LMG börjar fyllas i fordonet. Detta för att minimera utsläppen av förångad LMG till atmosfär.

Tankstationen kan tanka upp till 10 lastbilar med LMG och 9 lastbilar (150 l tank) med CMG per timma.

4.2.1.1 Drift av tankstationen

LMG-lagertanken har ett tryck på 10 bar och rymmer 20 000 liter LMG vilket motsvarar ca 12 000 Nm³ metan. Tankstationen är dimensionerad för en förbrukning av 2 000 Nm³/dygn vilket gör att LMG:n i tanken omsätts på 6 dygn. För att undvika problem med LMG som förångas bör LMG:n enligt Cryostar omsättas på 5-7 dygn.

LMG kan fyllas på både i toppen och i botten på lagertanken. Om trycket i tanken är högt (mycket förångad LMG) fylls LMG:n på i toppen eftersom det medför att den förångade LMG:n återkondenserar varvid trycket sjunker. Om trycket i tanken är lågt fylls LMG:n på i botten eftersom trycket då inte påverkas.

CMG-lagret utnyttjas för att driva tankstationen så optimalt som möjligt. Då nivån i bufferten börjar bli låg påbörjas kylning av den kryogena pumpen med LMG från lagertanken. Efter 10 minuter är pumpen nedkyld och redo att användas. LMG börjar då pumpas, förångas och tankas alternativt fyllas i CMG-lagret. CMG-lagrets volym räcker för att tanka 4-5 fordon, därefter måste pumpen startas.

4.2.2 Fast installation – Cryostar

Den utrustning som beskrevs i kap. 3.2.1 ovan för CMG- och LMG-tankning vid befintlig LMG-backup kan kompletteras med en LMG-lagertank och vara ett exempel på en fast installerad LCMG/LMG-tankstation.

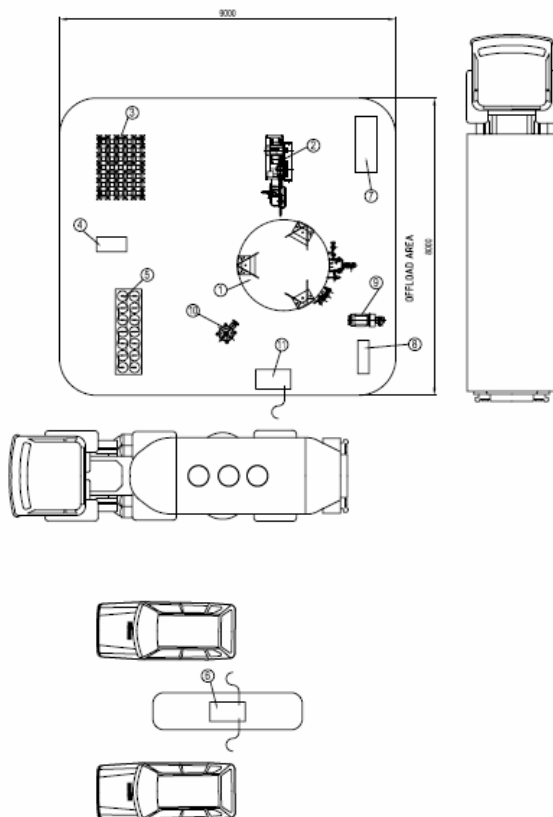
En skillnad jämfört med en containerinstallation är enligt Cryostar att det krävs mer installationsarbete och markarbete från beställarens sida samt att komponenterna inte kan CE-märkas före installation. En estetisk skillnad är att utrustningen inte är inbyggd, se Figur 1 i kap 3.2.1.

Vad gäller installation och markarbete så ombesörjer beställaren markarbete för installation av pump, förångare, CMG-lager och dispensrar. Dubbeldispensern för CMG installeras på en separat ”ö” och LMG-dispensern vid LMG-lagertanken för att undvika att LMG värms upp vid överföringen. Om invallning krävs ombesörjs även dessa av beställaren.

4.2.3 LCMG-tankstation – Vanzetti Engineering

Vanzetti Engineering anger att de kan offerera en LCMG-tankstation men vill göra det efter mer detaljerade diskussioner och möte.

I Figur 3 kan dock ett förslag på tankstations-layout ses.



Figur 3: Förslag på layout på LCMG-tankstation sedd uppifrån, Vanzetti Engineering.

4.3 Kostnad

4.3.1 Containerinstallation – Cryostar

I Tabell 5 nedan presenteras Cryostars budgetpris för en LCMG/LMG-tankstation som är containerinstallerad. LMG-lagertanken är offererad av Cryo AB i Göteborg.

Kostnader som tillkommer utöver detta är markarbete och anslutning av el m.m. som ombesörjs av beställaren.

Tabell 5: Kostnad för en containerinstallerad LCMG/LMG-tankstation, Cryostar/Cryo.

	Kostnad [SEK]
LMG-lagertank (Cryo AB)	800 000
LCMG/LMG-system	4 820 000
Installation	140 000
Drifttagning och utbildning	40 000
Transport till Stockholm	30 000
TOTALT	5 840 000

4.3.2 Fast installation – Cryostar

I Tabell 6 nedan presenteras Cryostars budgetpris för en LCMG/LMG-tankstation som är fast installerad. LMG-lagertanken är offererad av Cryo AB i Göteborg.

Kostnader som tillkommer utöver detta är markarbete som ombesörjs av beställaren.

Tabell 6: Kostnad för en fast installerad LCMG/LMG-tankstation, Cryostar/Cryo.

	Kostnad [SEK]
LMG-lagertank (Cryo AB)	800 000
LCMG/LMG-system	2 880 000
Installation	220 000
Drifttagning och utbildning	110 000
Transport till Stockholm	40 000
TOTALT	4 050 000

4.3.3 Komponenter – Vanzetti Engineering

De kostnader som Vanzetti Engineering har lämnat är kostnaderna för komponenterna i kap. 3.3.2.

5 SMÅSKALIG KONDENSERING AV BIOGAS OCH NATURGAS

Generellt kan småskaliga kondenseringsanläggningar delas in i två huvudtyper, "open-loop" och "closed-loop". I "open-loop" är kylmediet en del av gasen som skall kondenseras medan gasen i "closed-loop" kyls och kondenseras med hjälp av ett externt kylmedia, som kontinuerligt flödar i en separat krets.

5.1 Closed-loop kondensering

Principen i en closed-loop process är att kyla gasen med en eller flera kylcykler. I Figur 4 nedan ses de mest grundläggande komponenterna i en kondenseringsanläggning.

Först komprimeras kylmediet i kompressorn (CP) och kyls till rumstemperatur (värmeväxlare HE).

Därefter går kylmediet in i den centrala kryogena värmeväxlaren (MCHE) där den kyls ytterligare. Beroende på vilket kylmedia det är frågan om kan delvis kondensering ske.

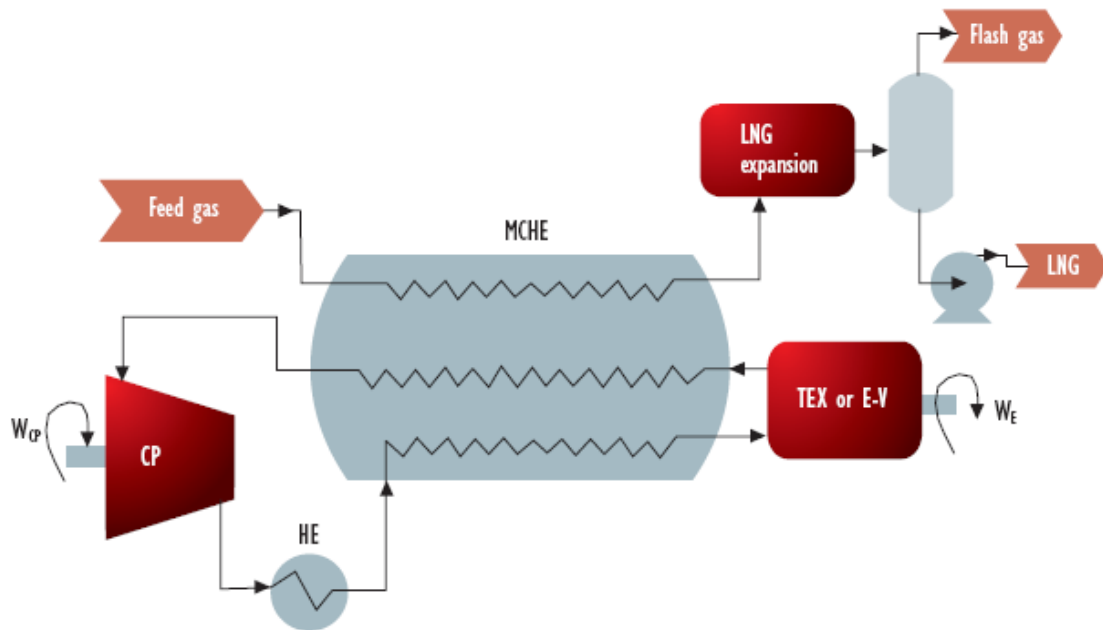
Kylmediet når en expansionsanordning, som kan vara antingen en expansionsventil eller en turboexpander. I en expansionsventil genomgår vätskan en Joule-Thompson-expansion varvid temperaturen sjunker 0,5 °C per bar som trycket reduceras. I en turboexpander expanderas kylmediet i en turbin varvid "arbete", vilket kan driva/delvis driva kompressorn, produceras. Expansionsprocessen i en turboexpander är nästan isentropisk vilket gör att temperaturen på kylmediat sjunker till en mycket låg temperatur, lägre än den i en Joule-Thompson process.

Efter expansionsanordningen går kylmediet tillbaka till MCHE för att kyla den inkommande naturgasen.

Slutligen lämnar kylmediat MCHE:n och går tillbaka till kompressorn för komprimering och kylcykeln sluts.

På naturgassidan inkommer gasen i MCHE:n, kyls och lämnar värmeväxlaren, delvis kondenserad, för att genomgå expansion. Vid expansionen sjunker temperaturen och naturgasen kondenserar.

I flashtanken separeras sedan gasfasen från vätskefasen. Det flytande naturgasen pumpas till en lagertank för vidare distribution. Vanligtvis kondenseras omkring 90 % av naturgasen till LMG.



Figur 4: Schematisk bild av closed-loop kondensering.

5.1.1 Mixed refrigerant-processer

System med closed-loop fungerar genom att använda ett kryogent kylmedia eller en utvald blandning av flera kylmedier (mixed refrigerant) för att kyla gasen till kondensering. Kylmedierna kväve, metan och en blandning av dessa med andra kolväten används.

Mixed refrigerant-teknologin baseras på idén om en kontinuerlig kylning av gasströmmen med en väl utvald och designad blandning av kylmedier som efterliknar metanets kylkurva från rumstemperatur till kryogena temperaturer. På så sätt kan energiförbrukning och storlek på värmeväxlare optimeras. Blandningen av kylmedier består vanligtvis av lätta kolväten (metan självt) och mindre lättflyktiga kolväten tillsammans med okondenserbar gas, såsom kväve.

Mixed refrigerant-processer är oftast mer komplexa än turboexpander-processer, eftersom leverans och lagring av flera gaser måste ske på anläggningen. Detta gör också driften av dessa anläggningar mer komplex. Ett stort flöde av kylmedie genom anläggningen medför också en risk för läckage till omgivningen.

Closed-loop processer kan vara antingen mixed refrigerant- eller turboexpanderteknik.

5.2 Open-loop kondensering

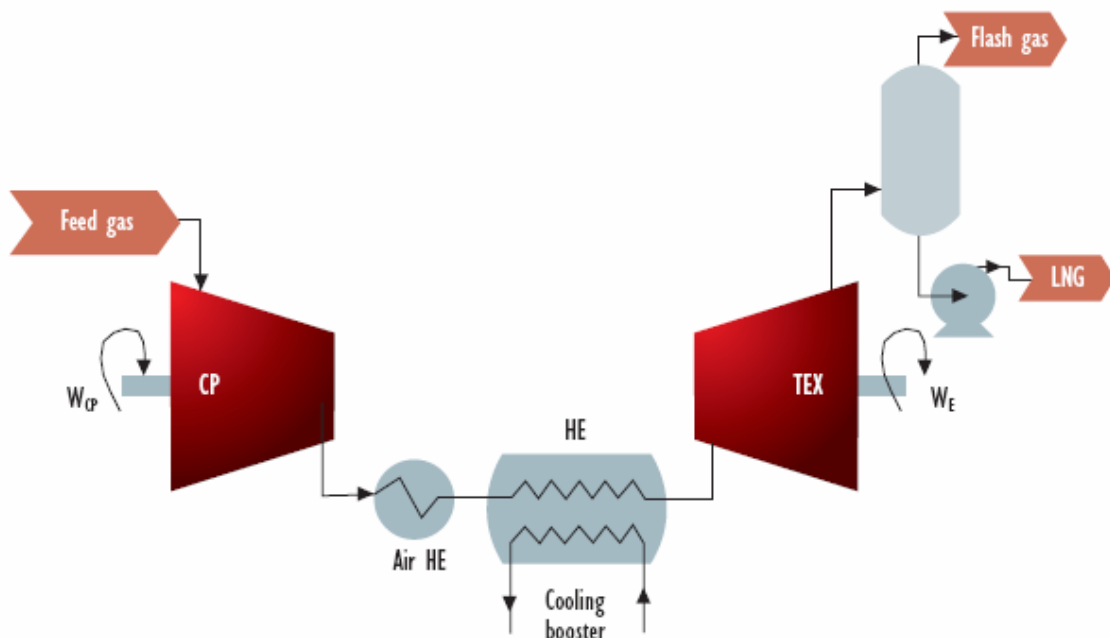
5.2.1 Turboexpander-processer

System med open-loop baseras huvudsakligen på en successiv kompression-kylning-expansions-process. Det sista expansionssteget sker vanligtvis med hjälp av en turboexpander för att erhålla LMG.

Ur ett termodynamiskt perspektiv är turboexpander-cykler teoretiskt lika effektiva som de mest avancerade cyklerna som används i storskaliga konventionella anläggningar baserade på mixed refrigerant-teknologi. Turboexpandern är hjärtat i processen och den komponent som påverkar den totala cykel-verkningsgraden mest.

I Figur 5 nedan ses en open-loop cykel, vars princip baseras på kompression-kylning-expansion-processer så att en naturgas vid högt tryck och omkring rumstemperatur eller något lägre temperatur erhålls. Därefter expanderas den komprimerade gasen i en turboexpander varvid temperaturen sjunker så mycket att metanet kondenserar. LMG:n skiljs sedan av från gasfasen i en flashtank. Figur 5 är illustrativ, det kan finnas flera kompressorer och värmeväxlare innan turboexpandern. Det arbete som produceras i turboexpandern kan användas för att driva/delvis driva kompressorerna.

Om naturgasen redan är komprimerad, vilket är fallet på vid en mät- och reglerstation på naturgasnätet, kan så mycket arbete erhållas ur turboexpandern att en del av naturgasflödet kan kondenseras till LMG.



Figur 5: Schematisk bild av open-loop kondensering.

6 PILOTPROJEKT 3 – LMG PRODUKTION VID MR-STATION

Pilotprojekt 3 omfattar LMG-produktion vid mät- och reglerstationer (MR-stationer) på naturgasnätet. Genom att utnyttja tryckreduceringen från transmissionsledning till distributionsledning för att kraftigt sänka temperaturen på naturgasen kan en del av naturgasflödet genom stationen kondenseras till LMG.

Innan naturgasen kan kondenseras måste den dock vara ren, vilket innebär att den måste vara i stort sett fri från vatten, koldioxid och svavelväte som annars kan frysa fast i t.ex. värmeväxlare.

En del tekniker har integrerad rening och kondensering medan andra är rena kondenseringstekniker som kräver ett reningssteg före kondenseringssteget.

Kvaliteten på LMG som fordonsbränsle är som högst då LMG:n endast består av metan. Naturgasen som finns i Sverige innehåller förutom metan också en betydande andel längre kolväten såsom etan, propan och butan. Etan är det kolväte som vid för hög halt kan ställa till problem i fordonens motorer, se SGC rapport 167.

Vissa av MR-stationsteknikerna skiljer bort de tyngre kolvätena så att den producerade LMG:n endast består av metan medan vissa behåller/delvis behåller de tyngre kolvätena i LMG:n. Vilket som är lämpligast för svenska förhållanden bör utredas närmare.

6.1 Tekniska förutsättningar

Nedan kan de ansatta tekniska förutsättningarna för mät- och reglerstationerna i Råvekärr och Halmstad ses. De ansatta värdena ligger till grund för de diskussioner som förts med leverantörer av teknik för produktion av LMG vid mät- och reglerstationer.

6.1.1 Anläggning i Råvekärr

- Inloppstryck: ca 60 bar(ö)
- Inloppstemperatur: 0-15 °C (medel 6 °C)
- Utloppstryck: 28,8 bar(ö)
- Naturgasflöde idag: i genomsnitt 30 000 Nm³/h
- Storlek på anläggningen: produktion av 150 000 liter LMG per dygn
- Storlek på LMG-lagertank: 150 000 – 300 000 liter LMG (1-2 dygns produktion)

6.1.2 Anläggning i Halmstad

- Inloppstryck: ca 60 bar(ö)
- Inloppstemperatur: 0-15 °C (medel 6 °C)
- Utloppstryck: 4 bar(ö)
- Naturgasflöde idag: i genomsnitt 3 500 Nm³/h
- Storlek på anläggningen: 14 000 – 16 000 liter LMG per dygn
- Storlek på LMG-lagertank: ca 50 000 liter

6.2 Diskussioner

6.2.1 Idaho National Laboratory

Idaho National Laboratory (INL) i USA har utvecklat en teknik för att kondensera en del av naturgasflödet genom en MR-station på naturgasnätet. Tekniken är en relativt avancerad open-loop teknik som, genom att utnyttja trycksänkningen från transmissionsledning till distributionsledning, enligt INL kan kondensera 20-30 % av naturgasflödet genom MR-stationen. För mer information om tekniken se SGC rapport 167.

Enligt INL byggdes en pilotanläggning i Sacramento för forskning och utveckling av processen. Pilotanläggningen användes för att utveckla specifikationerna för en anläggning och för att utvärdera "CO₂ solid removal process", som är en ny teknologi för att avlägsna koldioxiden från naturgasen. Processen för att ta bort CO₂ fungerar enligt INL mycket bra.

Enligt INL var målet med anläggningen i Sacramento att utveckla en process för småskalig kondensering av naturgas. De har nu samlat informationen och utvecklat en slutgiltig konfiguration som inte bara fungerar på MR-stationer utan var som helst på naturgasledningen.

Tekniken fungerar enligt INL både i Halmstad och i Göteborg men ju högre trycket i distributionsnätet är desto mer extern energi krävs för kondenseringen av naturgasen.

Det företag som först fick licens på tekniken är Hanover Corporate. Hanover är ett företag aktivt i över 70 länder huvudsakligen som leverantör inom naturgasområdet. Hanover har dock inte licens att sälja och bygga INL:s anläggningar i Sverige.

Enligt de diskussioner som har förts med INL, inom ramen för denna studie, är ett av de företag som nu (april 2007) är på väg att licensiera sig för tekniken, intresserade av Sverige. Budgetförfrågningar har skickats ut till INL men eftersom de är ett statligt institut, som utvecklar nya tekniker, får de inte lämna offerter på anläggningar. Diskussionerna har dock fortsatt och INL har nu lämnat kontaktuppgifter till det företag som är intresserade av att licensiera sig för Sverige, ett företag som därmed skulle kunna lämna budgetofferter för anläggningar här i Sverige.

6.2.2 The Hardstaff Group

Hardstaff Group kommer i slutet av juni 2007 att ha ett patent på en teknik för att producera LMG vid MR-stationer. Enligt Trevor Fletcher, VD för Hardstaff Group, producerar tekniken en ren LMG där tyngre kolväten än metan skiljs bort. Tekniken skall enligt Trevor också kunna användas för LMG-produktion från biogas.

6.2.3 CRYOSTAR

Cryostar tillhandahåller teknik för LMG-produktion vid MR-stationer. Tekniken är en open-loop process med turboexpander och omfattar kondensering av naturgasen men inte reningen som krävs innan.

Följande kvalitetskrav gäller på naturgasen för Cryostars process:

- $\text{CO}_2 < 25 \text{ ppmv}$
- $\text{H}_2\text{S} < 4 \text{ ppmv}$
- $\text{H}_2\text{O} < 1 \text{ ppmv}$

I Figur 6 nedan ses en förenklad bild av hur kondenseringsprocessen fungerar.

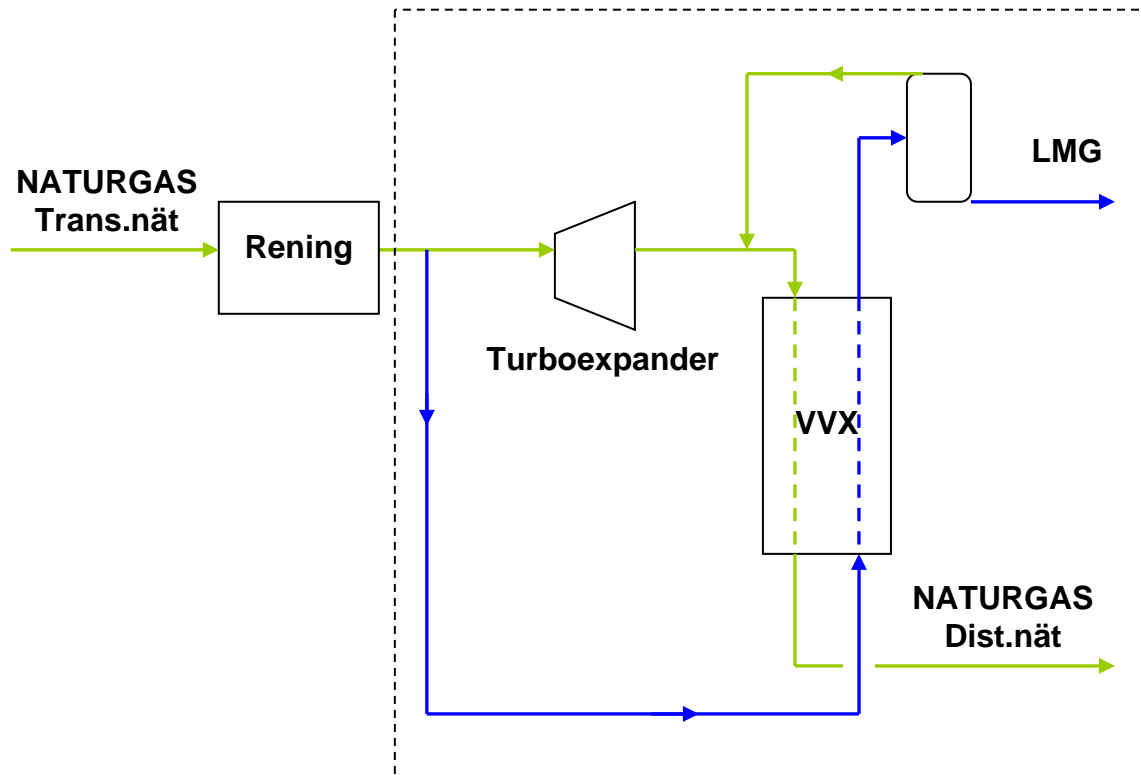
Naturgasen kommer in från transmissionsnätet och renas från fukt, koldioxid, svavelväte och ev. tyngre kolväten (ingår ej i Cryostars anläggning). Därefter separeras en del av naturgasflödet (blåa pilar) från huvudflödet (gröna pilar). Den separerade delen är den som skall kondenseras till LMG.

Huvudflödet fortsätter till en turboexpander där gasen expanderar genom en turbin från trycket på transmissionsnätet till det tryck som önskas i distributionsnätet. Vid expansionen i turboexpandern sjunker naturgasens temperatur kraftigt.

Det mycket kalla huvudflödet av naturgas värmeväxlas med delflödet som skall kondenseras. Delflödet fortsätter till en flashtank varvid kondenserad LMG avskiljs. Det uppvärmda huvudflödet fortsätter ut på distributionsnätet.

Med de förutsättningarna som finns på MR-stationen i Halmstad (inkommande tryck 60 bar(ö), utgående tryck 4 bar(ö)) uppger Cryostar att 15-20 % av naturgasflödet kan kondenseras till LMG. Detta utan att tillföra någon extern energi utan bara utnyttja tryckreduceringen via turboexpandern.

Den här tekniklösningen fungerar endast då trycket i distributionsledningen är ca 4 bar(ö). Tekniken är därför inte tillämpbar i Råvekärr eftersom trycket i distributionsledningen efter Råvekärr är 28,8 bar(ö).



Figur 6: Cryostars teknik för kondensering av naturgas vid MR-stationer.

7 PILOTPROJEKT 4 – KRYOGEN UPPGRADERING AV BIOGAS

7.1 Tekniska förutsättningar

Som pilotprojekt för produktion av flytande metan från biogas har planerade anläggningar i Lidköping och Malmö valts p.g.a. att dessa storlekar ansågs intressanta av referensgruppen. Nedan kan de ansatta tekniska förutsättningarna för biogasanläggningarna i Lidköping och Malmö ses. De ansatta värdena ligger till grund för de diskussioner och budgetförfrågningar som förts med och skickats ut till leverantörer av teknik för produktion av flytande metan från biogas.

7.1.1 Anläggning i Lidköping

- Flöde av rå biogas: max. 1 000 Nm³/h
- Den råa biogasen är mättad på vatten och har ett tryck på ca 20 mbar(ö)

Torr rå biogas har följande sammansättning:

CH ₄	50	% v/v
CO ₂	49,5	% v/v
N ₂	0,5	% v/v
O ₂	0,1	% v/v
H ₂ S	< 20	ppm v/v

Kvaliteskrav på den producerade LMG:n:

CH ₄	min 97	% v/v
CO ₂ +O ₂ +N ₂	max. 3	% v/v
Sulphur	< 23	mg/Nm ³ (motsvarar 16 ppm v/v H ₂ S)
H ₂ O	daggpunkt på -60 C vid 4 bar (< 32 mg/Nm ³)	

7.1.2 Anläggning i Malmö

- Flöde av rå biogas: max. 7 500 Nm³/h
- Den råa biogasen är mättad på vatten och har ett tryck på ca 20 mbar(ö)

Torr rå biogas har följande sammansättning:

CH ₄	65	% v/v
CO ₂	35	% v/v
N ₂	0	% v/v
O ₂	0	% v/v
H ₂ S	< 5	ppm v/v

Kvaliteskrav på den producerade LMG:n:

CH ₄	min 97	% v/v
CO ₂ +O ₂ +N ₂	max. 3	% v/v
Sulphur	< 23	mg/Nm ³ (motsvarar 16 ppm v/v H ₂ S)
H ₂ O	daggpunkt på -60 C vid 4 bar (< 32 mg/Nm ³)	

7.2 Utformning / Diskussioner

Samtliga leverantörer av kryogen uppgradering och kondenseringsteknik uppger att de inte är intresserade av att "bara" sälja komponenter och anläggningar. De är intresserade av ett partnerskap och delägande i projekten.

7.2.1 Prometheus Energy

Prometheus Energy är ett företag i USA med cirka 50 anställda. De har utvecklat en teknik för kryogen uppgradering av deponigas till LMG och flytande koldioxid. Tekniken är av typen closed-loop, se kap. 5.2.1 ovan. Efter att ha byggt två pilotanläggningar, en i USA och en i Canada, tog de i slutet av 2006 i drift *världens första kommersiella anläggning för produktion av LMG från deponigas*. Anläggningen ligger på Bowerman Landfill i Kalifornien och producerar i dagsläget ca 19 000 liter LMG/dygn vilket motsvarar ungefär 500 Nm³/h gas.

Efter att ha övervägt budgetförfrågan för Lidköping och Malmö har Prometheus beslutat sig för att de inte har resurser att ge sig in på ytterligare en internationell marknad just nu. De har idag, förutom fem anläggningar i USA, projekt på gång i både Polen och Australien. Prometheus har meddelat att de under de kommande 1-2 åren inte kommer att ha resurser att ge sig in på den svenska marknaden. Därefter måste de utvärdera möjligheterna på nytt.



Figur 7: Prometheus Energys anläggning vid Bowerman Landfill.

7.2.2 BOC

Den 6 september 2006 gick BOC Gases och Linde ihop och bildade Linde Group. I koncernen finns idag totalt 53 000 anställda i 70 länder.

BOC/Linde har licens på en småskalig kondenseringsprocess för biogas och naturgasapplikationer som utvecklats av Gas Technology Institute (GTI). BOC/Linde arbetar för en kommersialisering av tekniken och i nuläget är målet en produktionskapacitet av LMG på 5 000 – 30 000 Gallon/dygn vilket motsvarar ca 500 – 3 000 Nm³/h gas.

Tekniken är av typen mixed refrigerant med en enkel closed-loop, se kap. 5.2. Standardiserade kompressorer och värmewäxlare används för att göra det enkelt och ekonomiskt att skala systemet så att det passar olika storlekar på gasflöden. En pilotanläggning för produktion av LMG motsvarande ca 1000 Nm³/h har byggts för att verifiera prestanda och tillgänglighet. Pilotanläggningen använder en gasmotor som drivs med restgas från kondenseringen för att producera el till anläggningen.

BOC håller just nu på att färdigställa sin första anläggning för produktion av LMG från deponigas. Anläggningen som byggs i England kommer att tas i drift under våren/sommaren 2007 och kommer att producera LMG motsvarande ca 1 000 Nm³/h gas. När anläggningen tagits i drift kommer den att utvärderas och testas och först efter sommaren kan BOC diskutera tekniken och dess möjligheter i Sverige.

Den anläggning som BOC bygger i England kommer inte att ha någon produktion av flytande koldioxid. Det är dock möjligt att komplettera tekniken för att även kondensera koldioxiden men anläggningen får då en högre investeringskostnad som måste jämföras med den eventuella intäkt den flytande koldioxiden kan ge.

Vid ett möte med BOC och AGA i Stockholm, mars 2007, diskuterades möjligheterna för BOC:s teknik i Sverige. BOC uttryckte sitt intresse för den svenska marknaden och fortsatta diskussioner kring samarbetsmöjligheter.

7.2.3 Volvo AB / MACK Trucks / Acrion

Företaget Acrion Technologies Inc. i USA har utvecklat en teknologi för uppgradering och kondensering av biogas och deponigas till LMG.

Volvo AB har via dotterföretaget Mack Trucks i USA licens på Acrions teknik. Ett demoprojekt genomfördes 2005 på Burlington County Landfill i USA. Deltagarna i projektet var sju parter bl.a. "Waste management", som har sopbilar och Chart Industries som tillhandahöll tankstationen för LMG.

Demoprojektets mål var att producera LMG från deponigas för användning i två sopbilar, produktion av ren flytande CO₂ och elektricitet. Under projektiden producerades LMG motsvarande totalt ca 1 000 Nm³ gas vilket gav en körtid på ca 600 timmar per sopbil.

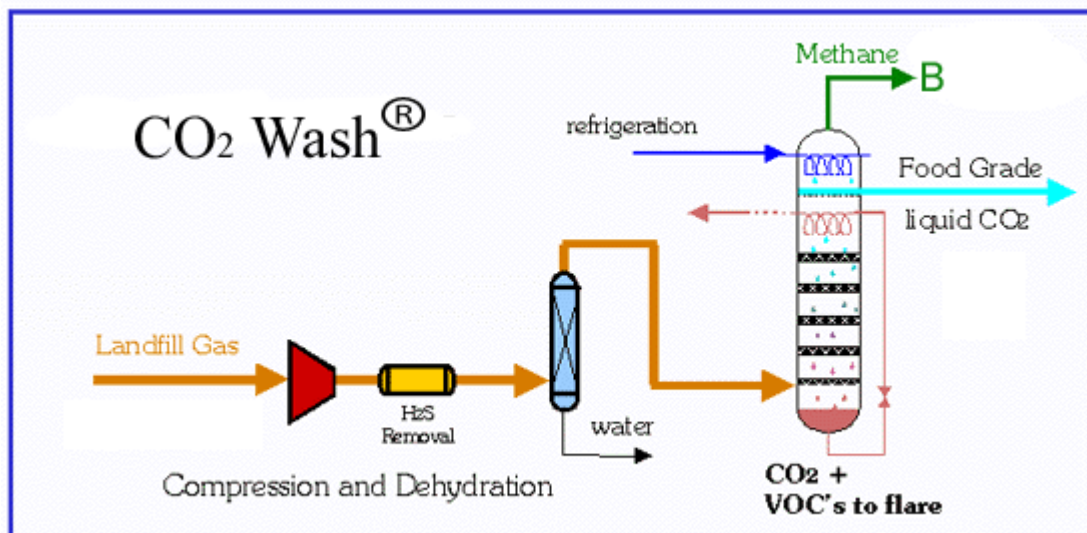
Enligt Volvo Technology Transfer nådde projektet goda resultat. En mycket ren LMG och flytande CO₂ erhöles som produkter. Enligt Volvos undersökningar fanns ingen beläggning i LMG-sopbilarnas motorer efter körning med LMG:n, ett resultat projektet är mycket nöjda med.

Vid ett möte mellan Volvo Technology Transfer och Vattenfall Power Consultant våren 2007 diskuterades möjligheterna för tekniken i Sverige. Volvo berättade att de nu arbetar för att få till stånd en första kommersiell anläggning i USA, men att de är intresserade av vad som händer på den svenska hemmamarknaden.

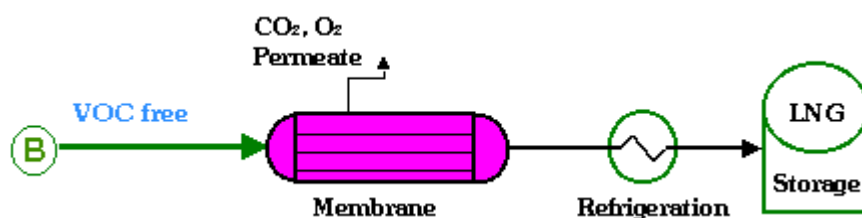
Principen för Volvos teknik kan ses i Figur 8 och 9 nedan. Då deponigasen/biogasen kommer in i anläggningen komprimeras, avsvavlas och torkas den. Därefter leds gasen in i en kondenseringskolonn för koldioxid där en delström av den flytande koldioxiden absorberar återstående föroreningar såsom halogenerade kolväten och siloxaner.

Deponigasen förs in i botten av kolonnen och koldioxiden kondenserar på vägen upp mot toppen och rinner sedan tillbaka ner mot botten varvid föroreningarna absorberas. En liten ström av flytande koldioxid och föroreningar tas ut i botten och förbränns i t.ex. en fackla.

I toppen på kolonnen tas den rena gasen som består av metan, syre, kväve och koldioxid ut. Den går vidare, se Figur 10, till två Air Liquide (MEDAL) membran som reducerar koldioxidhalten från ca. 30 % till 50 ppm. Även syre avskiljs via membranen. Det rena metanet kondenseras därefter med flytande kväve.



Figur 8: Schematisk bild av hur den av Acrion utvecklade CO₂ Wash-tekniken fungerar.



Figur 9: Schematisk bild av hur den reade gasen kondenseras till LMG.

Ovanstående process har enligt uppgift följande verkningsgrad:

- > 99 % av metanet erhålls som LMG
- > 80 % av CO₂:n erhålls som flytande koldioxid

7.2.4 Läckeby Water och CRYOSTAR

Ett alternativ till att välja en teknik med integrerad uppgradering och kondensering av biogas/deponigas till LMG, är att först uppgradera biogasen och därefter kondensera den.

Med uppgradering och kondensering i två skilda steg finns möjligheten att inte kondensera hela flödet av biogas till LMG utan välja den optimala mixen mellan LMG- och CMG för distribution.

För att kunna kondensera biogasen måste den dock bestå av i princip 100 % metan för att inte koldioxid och vatten skall frysa fast i t.ex. värmeväxlare. En kravspecifikation på biogaskvaliteten före kondensering är:

- $\text{CO}_2 < 25 \text{ ppmv}$
- $\text{H}_2\text{S} < 4 \text{ ppmv}$
- $\text{H}_2\text{O} < 1 \text{ ppmv}$

7.2.4.1 Uppgradering

En uppgraderingsteknik som kan producera en biogas enligt ovanstående kravspecifikation är Läckeby Waters kemisorptionsteknik. Med den här uppgraderingstekniken avskiljs koldioxiden genom att den i en kemisk reaktion binder till absorptionsvätskan som går under varunamnet COOAB. COOAB-vätskan som består av 50 % vatten och 50 % COOAB är selektiv för koldioxid vilket gör att mycket ren metan kan erhållas som produkt.

Reduktionsenheten för koldioxid är uppbyggd av ett absorptionstorn och ett strippertorn.

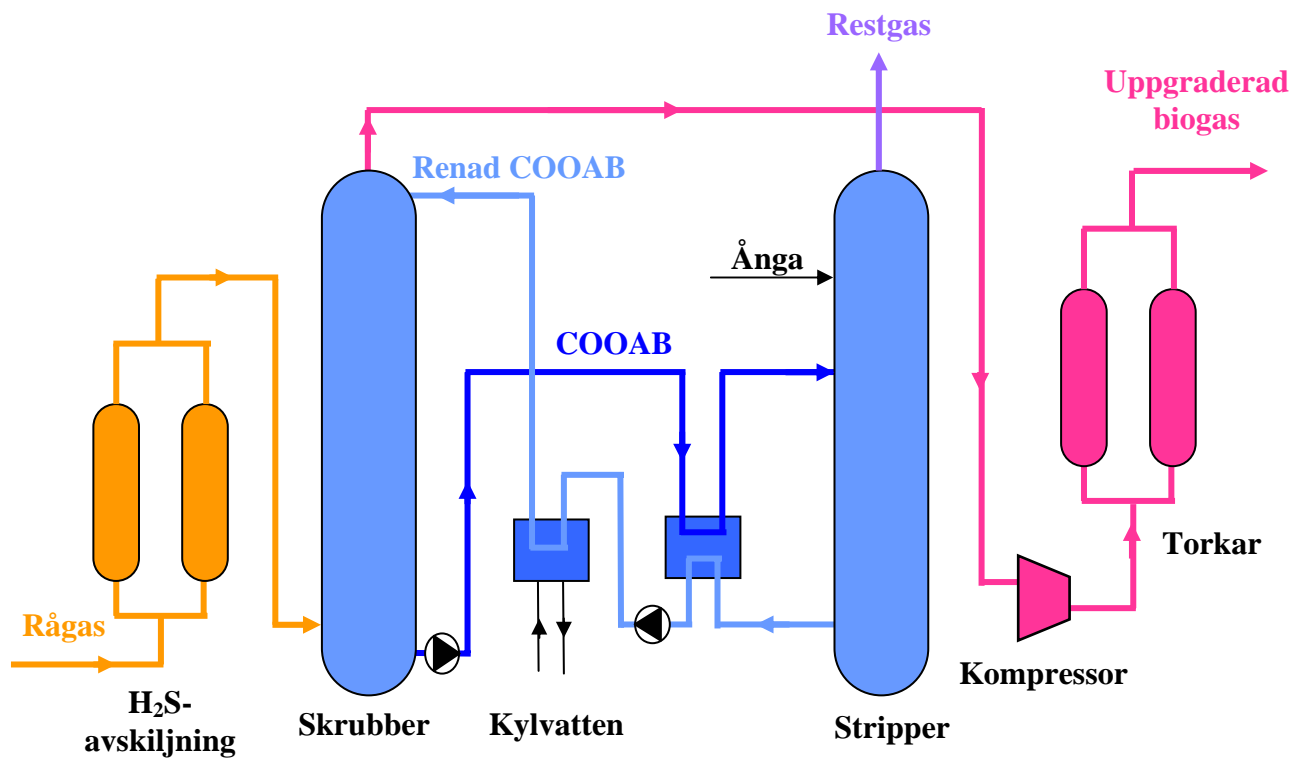
Rågasen kommer in i absorptionstornet i botten och passerar ett fixerat ytförstorande material. Absorptionsvätskan COOAB möter gasen motströms och koldioxiden absorberas i en kemisk reaktion. Den uppgraderade gasen (metan) lämnar tornet i toppen och den mättade COOAB-vätskan lämnar tornet i botten, se Figur 10 nedan.

Den mättade COOAB-vätskan pumpas in i ett strippertorn där koldioxiden i vätskan desorberas genom att vätskan hettas upp till drygt 100 °C. COOAB-vätskan pumpas in i toppen på strippertornet och faller genom tornets ytförstorande material. Vätskan i botten av strippertornet kokas och den ångfas som stiger upp i strippertornet avskiljer koldioxiden från COOAB-vätskan.

Enligt Läckeby kan cirka 80 % av den värmeenergi som tillförs processen återvinnas i form av spillvärme vid 55-60 °C för uppvärmning av t.ex. rötchammare.

Tekniken finns representerad i Borås och Göteborg.

De två befintliga anläggningarna är dimensionerade för en koldioxidhalt på < 0,5 %. Genom att bygga ett högre absorptionstorn med en ökad aktiv höjd där koldioxid absorberas kan biogasen enligt Läckeby renas till en koldioxidhalt under 25 ppmv.

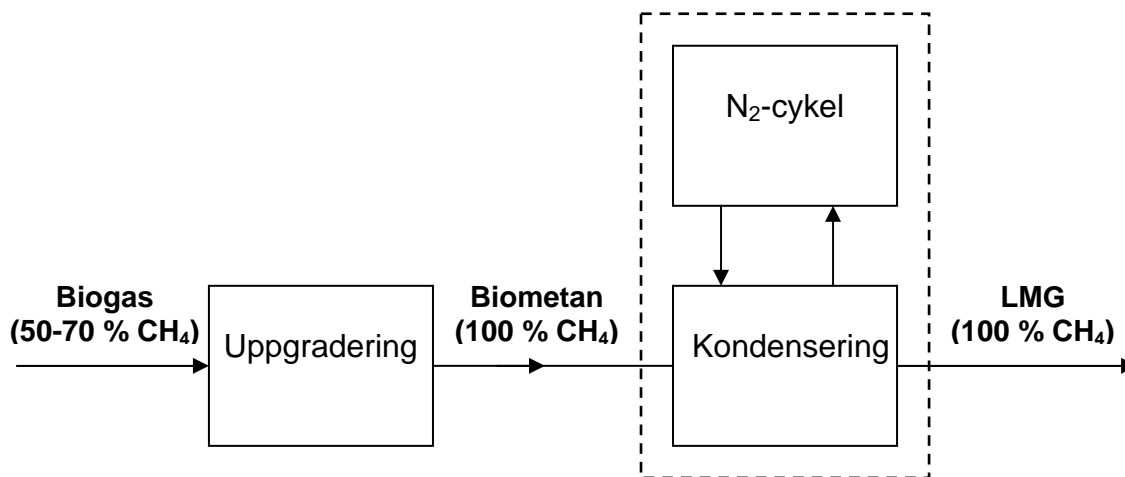


Figur 10: Schematisk skiss av Läckebys uppgraderingsteknik med COOAB-vätska.

7.2.4.2 Kondensering

Företaget Cryostar tillhandahåller kondenseringsteknik för att kondensera den mycket rena biogasen till LMG. Tekniken är av typen turboexpanderteknik i en closed-loop med kväve som kylmedia, se kap. 5 ovan. Cryostar har byggt liknande anläggningar för återkondensering av metan på LMG-fartyg.

I Figur 11 nedan kan ett principschema för hela processen med uppgradering, kondensering och N₂-cykeln ses.



Figur 11: Förenklat processchema för uppgradering och kondensering av biogas.

Anläggningen i Lidköping med ett flöde på 1 000 Nm³/h rå biogas, se kap.7.11, utformas med en N₂-cykeln (Brayton cykel) med följande komponenter:

- 1 kompressor
- 1 turboexpander
- 2 N₂-kylare (vatten som kylmedia)
- 1 motströms värmeväxlare

Anläggningen i Malmö med ett flöde på 7500 Nm³/h rå biogas, se kap.7.12, utformas med en N₂-cykeln (Brayton cykel) med följande komponenter:

- 3-stegs kompressor
- 1 turboexpander
- 3 N₂-kylare (vatten som kylmedia)
- 1 motströms värmeväxlare

Principen för Brayton-cykeln är att:

1. Komprimera kvävet med kompressorerna
2. Kyla kvävet med värmeväxlaren
3. Expandera kvävet genom turboexpandern (temperaturen sjunker kraftigt)

4. Utbyta kall energi med biogasen (biogasen kondenseras till LMG)
5. Värma upp kvävet i den motströms värmeväxlaren
6. Kvävet återvänder till kompressorerna och komprimeras på nytt

7.3 Kostnad

7.3.1 Läckeby Water och CRYOSTAR

Nedan redovisas en sammanställning av kostnaderna för anläggningar för uppgradering och kondensering av biogas i Lidköping och Malmö. Kostnaderna baseras på budgetofferter från Läckeby Water och Cryostar, se 7.2.4 ovan.

De kostnader som saknas i kalkylerna nedan är underhållskostnad (inkl. personalkostnader), markarbete och anslutningskostnader (el, gas osv.)

7.3.1.1 Anläggning i Lidköping

Anläggningen i Lidköping uppgraderar och kondenserar 1 000 Nm³/h rå biogas med en metanhalt på 50 % till motsvarande 510 Nm³/h LMG.

Uppgraderingsanläggningen har enligt budgetoffert från Läckeby Water följande investeringskostnad och energiförbrukning:

- Investeringskostnad: 19 750 000 SEK.
- Elförbrukning: 0,13 kWh/Nm³ rågas
- Värmeförbrukning: 0,54 kWh/Nm³ rågas

Kondenseringsanläggningen har enligt budgetoffert från Cryostar följande investeringskostnad och energiförbrukning:

- Investeringskostnad: 41 600 000 SEK
- Elförbrukning: 0,70 kWh/Nm³ motsvarande producerad LMG

Med en avskrivningstid 15 år, realränta 4 %, elpris 0,8 kr/kWh och värmekostnad 0,5 kr/kWh motsvarar ovanstående investeringskostnad och energiförbrukning en uppgraderings- och kondenseringskostnad på 2,6 kr/Nm³ LMG som produceras.

Om spillvärmets från uppgraderingsanläggningen kan utnyttjas och räknas som en intäkt á 0,5 kr/kWh kan uppgraderings- och produktionskostnaden reduceras med ca 0,4 kr/Nm³ LMG.

Om den koldioxid som avskiljs från uppgraderingsanläggningen kondenseras och säljs som flytande koldioxid för 1 kr/kg erhålls en intäkt på ca 2 kr/Nm³ LMG som produceras. Detta

innebär dock att anläggningarna måste kompletteras med en del för kondensering av koldioxid, vilket behöver utredas närmare.

7.3.1.2 Anläggning i Malmö

Anläggningen i Malmö uppgraderar och kondenserar 7500 Nm³/h rå biogas med en metanhalt på 65 % till motsvarande 4875 Nm³/h LMG.

Uppgraderingsanläggningen har enligt budgetoffert från Läckeby Water följande investeringskostnad och energiförbrukning:

- Investeringskostnad: 59 000 000 SEK.
- Elförbrukning: 0,09 kWh/Nm³ rågas
- Värmeförbrukning: 0,48 kWh/Nm³ rågas

Kondenseringsanläggningen har enligt budgetoffert från Cryostar följande investeringskostnad och energiförbrukning:

- Investeringskostnad: 66 600 000 SEK
- Elförbrukning: 0,64 kWh/Nm³ motsvarande producerad LMG

Med en avskrivningstid 15 år, realränta 4 %, elpris 0,8 kr/kWh och värmekostnad 0,5 kr/kWh motsvarar ovanstående investeringskostnad och energiförbrukning en uppgraderings- och kondenseringskostnad på 1,3 kr/Nm³ LMG som produceras.

Om spillvärmets från uppgraderingsanläggningen kan utnyttjas och räknas som en intäkt å 0,5 kr/kWh kan uppgraderings- och produktionskostnaden reduceras med 0,3 kr/Nm³ LMG.

Om den koldioxid som avskiljs från uppgraderingsanläggningen kondenseras och säljs som flytande koldioxid för 1 kr/kg erhålls en intäkt på ca. 1,1 kr/Nm³ LMG som produceras. Detta innebär dock att anläggningarna måste kompletteras med en del för kondensering av koldioxid, vilket behöver utredas närmare.

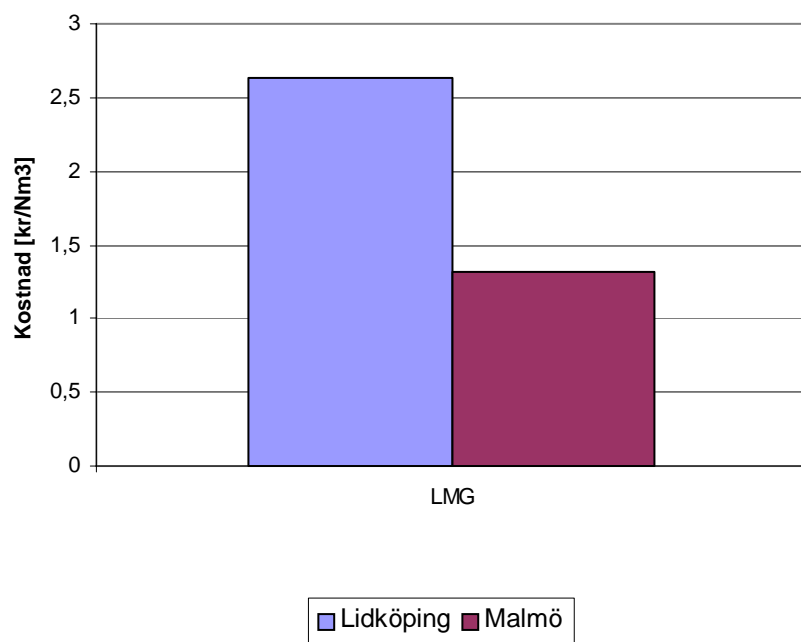
7.3.1.3 Jämförelse Lidköping - Malmö

En jämförelse mellan uppgraderings- och kondenseringskostnaden för anläggningarna i Lidköping och Malmö kan ses i Figur 12 nedan.

Kostnaden för att producera LMG i de båda anläggningarna skiljer sig relativt mycket åt. Det beror på två saker:

- Anläggningen i Malmö är mycket större än den i Lidköping vilket gör att man får uppskalningseffekter när det gäller både investeringskostnad och energiförbrukning.
- Biogasen i Lidköping innehåller mer koldioxid än biogasen i Malmö. En hög koldioxidhalt gör att uppgraderingsanläggningen och dess kostnader blir högre per producerad mängd metan än vid en lägre halt koldioxid. (Krävs en stor anläggning pga mängden rågas men mängden rengas som produceras blir mindre.)

Uppgradering- och kondenseringskostnad



Figur 12: Jämförelse mellan uppgraderings- och kondenseringskostnad för anläggningar i Lidköping och Malmö.

8 AVSÄTTNING FÖR FLYTANDE KOLDIOXID

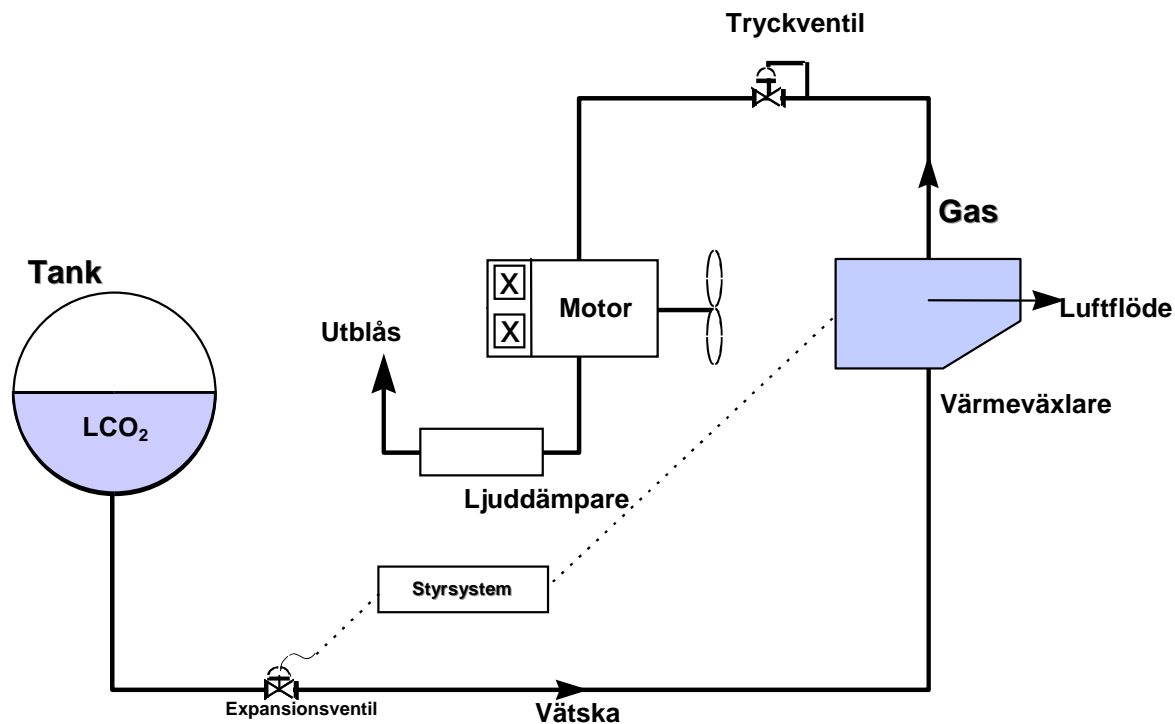
Med vissa av de i kap.7 beskrivna teknikerna med integrerad uppgradering och kondensering av biogas produceras både flytande metan och flytande koldioxid. Genom att finna avsättning för den flytande koldioxiden (sälja den) kan ekonomin för anläggningen förbättras samtidigt som fossila bränslen kan ersättas.

8.1 Kyltransport – koldioxidaggregat

Ett användningsområde för flytande koldioxid är i kyltransporter av t.ex. livsmedel. I dag är nästan alla kylaggregat dieseldrivna med flourkolvätebaserade kylmedier. Miljöbelastningen från dessa aggregat är bl.a. buller, avgasemissioner samt risk för läckage av köldmedia till omgivningen.

Genom att använda den flytande koldioxiden från biogas kan förnyelsebar koldioxid användas för att ersätta diesel.

Koldioxidaggregatet använder kylan i flytande koldioxid. På lastbilen finns koldioxiden i en tank vid ca 8 bar och $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koldioxiden kylar luften i lastutrymmet via en värmeväxlare och ventileras sedan ut över taket på lastbilen, se Figur 13 nedan. I värmeväxlaren expanderar koldioxiden och absorberar värme till dess att luften i lastutrymmet har nått önskvärd temperatur.



Figur 13: Schematisk bild av ett koldioxidaggregat, H-O Nilsson.

Det finns i huvudsak två sätt att fylla/tanka koldioxidaggregaten:

- Förbrukaren har en egen koldioxidtank på tomten.
- Publika tankställen.

I dag (våren 2007) finns ca 70 kylaggregat i Sverige. Användare är bl.a. Milko, Arla, ICA och Skånemejerier. Enligt användarna är det största hindret för en storkalig satsning på koldioxidaggregat att infrastrukturen inte är utbyggd ännu.

Det finns (våren 2007) sex stycken publika tankstationer för flytande koldioxid i Sverige och ytterligare tre stycken är planerade. Den flytande koldioxiden i dessa stationer är återvunnen och levereras och säljs av AGA.

Fyllningen av flytande koldioxid går till så att två slangar kopplas till biltanken. En slang för vätska och en för gas. Slangarna trycksätts eftersom flytande koldioxid bildar snö om trycket sjunker under 5 bar, och snön kan bli en ispropp. När slangarna har trycksatts börjar tanken att fyllas och gasen från tanken (förångad koldioxid) evakueras ut i atmosfären. När fyllningen är klar är det viktigt att ingen vätska finns kvar och att det är trycklöst i systemet som skall kopplas bort.



Figur 14: Tankställe för flytande koldioxid, AGA.

Ingersoll Rand Svenska AB (tidigare H-O Nilsson Service AB) i Göteborg är ett företag som levererar och säljer koldioxidaggregat i Sverige. Koldioxidaggregaten kommer från Thermo King i USA.

Fördelar med ett koldioxidaggregat jämfört med ett dieselaggregat:

- Låg ljudnivå p.g.a. få rörliga delar, uppfyller föreskrifter om buller och tomgångskörning vilket gör att koldioxidaggregaten kan användas även i storstadsmiljöer med hårda bullergränsvärden.
- Inga avgasemissioner, uppfyller gällande och framtida regler.
- Inga flourkolvätebaserade kylmedel.
- Få rörliga delar, vilket ger lång livstid och låga underhållskostnader.
- Högre kyleffekt, ej beroende av varken temperaturen i lastutrymmet eller utomhus. En stor fördel vid täta stopp och många dörröppningar anser Arla.
- Nyskapande teknik, miljömedveten företagsidentitet, inget bidrag till växthuseffekten.

Hur mycket diesel kan ersättas med flytande koldioxid? Ett kylaggregat används i snitt ca 1500 timmar per år. Förbrukningen per timma är antingen 3 liter diesel eller 8 kg flytande koldioxid. Ett dieselaggregat förbrukar alltså ca. 4500 liter diesel per år, vilket kan ersättas med 12 000 kg flytande koldioxid. Varje år säljs ca 700 nya kylaggregat i Sverige.

Den totala livscykelkostnaden för ett koldioxidaggregat är ungefär densamma som för ett dieselaggregat beroende på dieselpriiset. Kostnaden för inköp och installation är likartad, underhållskostnaden lägre för ett koldioxidaggregat och driftkostnaden ungefär den samma.

Genom att producera flytande metan och flytande koldioxid kan både infrastrukturen för fordonsgas och för flytande koldioxid byggas ut. Tankstationerna bör placeras på samma plats så att en lastbil kan tanka LMG för framdrift och flytande koldioxid för kylaggregatet samtidigt.

Genom att använda den flytande koldioxiden från biogas för att ersätta diesel i kyltransporter ökas mängden ersatt diesel med ca 25 % jämfört med att bara använda den flytande biogasen för att ersätta diesel för framdrift.

9 BESKRIVNING AV REGELVERK FÖR DE OLIKA PILOTPROJEKTEN

Nedan redovisas i grova drag de regelverk som gäller för de olika pilotprojekten. Förutom de lagstiftningar som behandlas nedan kan anläggningarna beröras av annan lagstiftning t ex plan och bygglagen med krav på bygglov, arbetsmiljölagen och lag om skydd mot olyckor. I kap 9.5 finns en sammanställning över vilka tillstånd som kan bli aktuella för de olika pilotprojekten. I vissa fall behöver det undersökas närmare vilka tillstånd som är aktuella.

9.1 Naturgaslagen (2005:403) och Naturgasförordningen (2006:1043)

I Naturgaslagen behandlas naturgasledningar, lagringsanläggningar och förgasningsanläggningar. Med naturgas avses även flytande (kondenserad) naturgas. Regelverket för förgasningsanläggningar tillämpas på anläggningar som används för kondensering av naturgas om anläggningen är ansluten till en naturgasledning som används för överföring av naturgas. Med överföring av naturgas avses att naturgasen överförs för annans räkning i transmissions- samt distributionsledningar.

För att få bygga en förgasningsanläggning/anläggning för kondensering av gas måste det finnas koncession för anläggningen. Koncession ges av regeringen och förbereds av Energimarknadsinspektionen vid Energimyndigheten. Koncession lämnas normalt för en tid av 40 år.

En ansökan om koncession för en förgasningsanläggning/anläggning för kondensering av gas skall innehålla uppgifter om:

- Det behov som anläggningen är avsedd att tillgodose.
- De alternativa placeringar av anläggningen som sökanden undersökt samt resultatet av de samråd som föregått ansökan.

Dessutom ska ansökan innehålla:

- En teknisk beskrivning av den planerade ledningen, stationen eller anläggningen samt en kostnadsberäkning,
- En karta över anläggningens föreslagna placering samt en beskrivning av den mark som behöver tas i anspråk för anläggningen.
- Bestyrkta förteckningar över ägare och innehavare av fastigheter över vilka ledningen avses dras fram eller på vilka stationen eller anläggningen avses placeras eller av fastigheter som på annat sätt behövs för anläggningen.
- Uppgift om de överenskommelser som träffats om upplåtelse av mark för ledningen, stationen eller anläggningen eller de hinder som finns mot sådana överenskommelser.
- Redogörelse för sökandens organisation.

- En redogörelse för hur de allmänna hänsynsreglerna i <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19980808.htm> miljöbalken efterlevs.
- En miljökonsekvensbeskrivning.

Innan förgasningsanläggningen/kondenseringsanläggningen börjar byggas skall koncessionshavaren göra anmälan om det till Statens energimyndighet och till den kommunala byggnadsnämnden. En karta och en teknisk beskrivning av förgasnings-/kondenseringsanläggningen skall lämnas in tillsammans med anmälan.

9.2 Miljöbalken (1998:808), förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899)

Beroende av den mängd LMG/CMG som hanteras vid anläggningen varje år, kan det bli aktuellt att söka tillstånd från Miljöprövningsdelegationen vid Länsstyrelsen (B-anläggning) alternativt anmäla verksamheten till kommunens miljö- och hälsoskyddsnämnd (C-anläggning). De typer av verksamheter som berörs av pilotprojekten och räknas som miljöfarlig verksamhet är följande: Punkterna har hämtats från till bilaga till förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.

- anläggning där mer än 1 000 kubikmeter flytande motorbränslen eller 1 miljon normalkubikmeter gas avsett som motorbränsle hanteras per år.
50.50-1 C-anläggning

Punkten omfattar detaljhandel med drivmedel samt bl.a. åkeri, bussgarage, industri som för egen verksamhet hanterar drivmedel.

- anläggning för framställning av mer än 150 000 kubikmeter gasformiga bränslen per år
40.2-1 B-anläggning
- anläggning för framställning av högst 150 000 kubikmeter gasformiga bränslen per år
40.2-2 C-anläggning

Dessa båda punkter omfattar framställning av gasformiga bränslen från gas av olika slag genom rening, blandning eller andra processer.

Om det blir aktuellt med tillståndsansökan (B-anläggning) kan tillståndsprövningen delas in i tre olika moment:

- Samråd
- Miljökonsekvensbeskrivning
- Ansökan om tillstånd

Processen att genomföra samråd, utarbeta miljökonsekvensbeskrivning och ansöka om tillstånd tar ca 3-6 månader. Att få tillståndet tar ca 6-12 månader.

9.2.1 Lag (1988:868) samt förordning (1988:1145) om explosiv och brandfarlig vara

Tillstånd

LMG liksom naturgas och biogas i gasform klassificeras som brandfarlig gas, i tändklass T1 samt explosionsgrupp IIA.

Den som yrkesmässigt hanterar brandfarliga varor ska ha tillstånd för det, se Tabell 7. Tillståndet söks hos den kommunala nämnd som prövar plan- och byggnadsfrågor.

Tillståndsansökan enligt lagen om explosiv och brandfarlig vara kan samordnas med ansökan om bygglov.

Tabell 7: Hantering av gas som kräver tillstånd enligt lag om explosiv och brandfarlig vara. Tabellen är hämtad från SÄIFS 1995:3

Hantering av gas	Yrkesmässig, publik verksamhet		Övrig yrkesmässig, utomhus	Förvaring i mark, yrkesmässig eller per hushåll
	Utomhus*	Inomhus		
Volym [liter]	60**	0	250	1 000

* Såväl gasflaska som gasapparat står utomhus

** Tillsynsmyndigheten får, om skäligt, sänka gränsen till 0 liter.

Exempel på publik verksamhet är restauranger, skolor, festivaler, sportarrangemang och dylikt.

Handlingar som ska bifogas tillståndsansökan finns listade i bilaga A till SÄIFS 1995:3:

- Plankarta som visar anläggningen i förhållande till omgivande bebyggelse, industrier, vägar etc. Områdets topografi ska framgå.
- Skiss som visar anläggningsområdet och hur byggnader, cisterner, körvägar med mera avses förläggas.
- Ritningar över byggnader där brandfarliga varor ska hanteras. För varje byggnad ska framgå:
 - Yttre utformning (fasadritning)
 - Byggnadens och rummets funktioner
 - Utrymningsvägar, brandcellsindelning och brandteknisk klass
 - Ventilationens utformning, till- och frånluftsdonens placering, luftomsättning och tryckförhållanden.
- Processbeskrivning av den planerade verksamheten.
- Sammanställning över de brandfarliga varornas namn, explosiva atmosfär (klassningsplaner)
- Uppgift om föreståndare (denna uppgift kan lämnas senare, dock senast på avsyningsdagen)

- Drift- och skötselinstruktioner med beredskapsplan för nödsituation (kan lämnas senare, dock senast på avsyningsdagen)
- Riskutredning, om så erfordras. Verksamhetsutövaren som yrkesmässigt hanterar brandfarliga eller explosiva varor skall se till att det finns tillfredsställande utredning om riskerna för brand eller explosion i verksamheten och om de skador som därvid kan uppkomma.
- Underskrift av firmatecknare hos det företag som avser driva verksamheten.

Räddningstjänsten inom kommunen är tillsynsmyndighet för verksamheten.

Föreståndare

Den som har tillstånd för brandfarliga varor ska utse en föreståndare, som ska ha goda kunskaper och god erfarenhet om de varor som hanteras.

Även i SÄIFS 2000:4 beskrivs hur brandfarlig gas ska hanteras.

Avstånd

Avstånden mellan cistern, gasklocka eller rörledning med brandfarlig gas och kringliggande objekt skall vara betryggande. Avstånden anges nedan i Tabell 8 samt Tabell 9.

Tabell 8: Avstånd. Tabellen är hämtad från SÄIFS 2000:4.

	Byggnad i allmänhet, antändbart material eller brandfarlig verksamhet		Material med stor brandbelastning		Utgång från svårutrymda lokaler	Pump, förångare, mätarskåp	Fordon	Tankfordonets slanganslutningspunkt
	Utom anläggning	Inom anläggning	Utom anläggning	Inom anläggning				
	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>
Cistern 10 – 100 m ³	25*	12*	50*	25*	100*	3*	8*	12*
≤ 10 m ³	6*	6*	25*	12*	100*	3*	8*	12*
Tankfordonets slanganslutningspunkt	25*	12*	50*	25*	100*	3**		
Pump, förångare, mätarskåp		3**		12*		3**		3**
Torr gasklocka	50*	50**	100*	100**	100*			

Väg med trafik som överstiger 2500 axelpar/dygn hålls åtskild 25 m från cistern och lossningsplats. Med en trafikskyddad placering får avståndet minskas i förhållande till

skyddet. Detta framgår av t.ex. VV:s publikation VU 94 del 15.3.

Avstånd mellan klassat område och kraftledning regleras i Elsäkerhetsverkets starkströmsföreskrifter (ELSÄK-FS 1999:5). Se Tabell 9.

Tabell 9: Avstånd mellan klassat område och kraftledning.

Konstruktionsspänning [kV]	Minsta tillåtna avstånd till klassat område [m]
420	60
245	45
170	30
84	30
72	15
12	15

9.3 Seveso-lagstiftningen Lag (1999:381) samt förordning (1999:382) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor

Målsättningen med Sevesolagstiftningen är att förhindra storskaliga kemikalieolyckor. Lagstiftningen ställer bl a krav på verksamheter som har större lagrade mängder av brandfarliga gaser och vätskor. I lagstiftningen finns en lägre kravnivå och en högre kravnivå. För extremt brandfarliga kondenserade gaser (inklusive gasol och naturgas) gäller en samtida lagring av mängden 50 ton för den lägre kravnivån och 200 ton för den högre. För lagring av brandfarlig gas gäller kravnivån 10 ton för den lägre kravnivån och 50 ton för den högre.

Tabell 10: Kravnivåer för LNG och CNG

	Högre kravnivån [ton]	Lägre kravnivån [ton]
Extremt brandfarlig kondenserad gas (LNG)	200	50
Brandfarlig gas (CNG)	50	10

Då verksamheter omfattar flera ämnen på listan finns speciella summeringsregler.

Om den lagrade mängden överstiger den lägre kravnivån, men inte den högre kravnivån, innebär det att krav ställs på att verksamhetsutövaren ska göra en skriftlig anmälan till tillsynsmyndigheten innan byggnadsarbetena påbörjas eller verksamheten tas i drift. Anmälan ska innehålla

- uppgifter om de farliga ämnen som förekommer eller kan förekomma inom en anläggning eller ett lager,
- en redogörelse för driften vid anläggningen eller lagret, samt
- en beskrivning av verksamhetens omgivning.

Dessutom ska det för verksamheten finnas ett handlingsprogram om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor. Detta kan liknas vid ett ledningssystem för säkerheten vid anläggningen. Handlingsprogrammet ska innehålla uppgift om de mål och allmänna handlingsprinciper som verksamhetsutövaren har ställt upp för hanteringen av riskerna för allvarliga kemikalieolyckor samt uppgift om en säkerhetsorganisation för verksamheten.

Verksamheter som överskrider den högre kravnivån omfattas av krav på att ta fram en säkerhetsrapport för verksamheten, som ska innehålla:

- uppgift om vem som har utarbetat rapporten.
- ett handlingsprogram för hur allvarliga kemikalieolyckor skall förebyggas.
- en intern plan för räddningsinsatser
- underlag för sådana planer som anges i 3 kap. 6 § förordningen (2003:789) om skydd mot olyckor
- uppgift om lager och de farliga ämnen som förekommer eller kan förekomma där.

Verksamheter som överskrider den högre kravnivån omfattas också av tillståndsplikt enligt miljöbalken.

9.4 Lag (2006:263) transport av farligt gods

LMG kommer att transporteras på trailer som rymmer 21 ton LMG. Transporten omfattas av lagstiftningen lag om transport av farligt gods.

Ingen myndighet kontrollerar om och hur transport av farligt gods, t ex LMG får ske till eller från den planerade anläggningen. Anläggningsägaren bör dock på ett tidigt stadium under samråd med länsstyrelsen förvissa sig om hur transporterna till och från anläggningen är möjliga (vägstyrning, tidsstyrning, generella förbud) [Energigas – regelverk och standarder, SGC 2006].

Den vars verksamhet omfattar transporter av farligt gods eller lämnar farligt gods till transport hos någon annan skall ha en eller flera säkerhetsrådgivare. Säkerhetsrådgivaren har till uppgift att, under verksamhetsledningens ansvar, verka för att skador i samband med transporterna förebyggs.

Den som transporterar farligt gods eller lämnar farligt gods till någon annan för transport skall vidta de skyddsåtgärder och de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra och begränsa att godset, genom transporten eller genom obehörigt förfarande med godset vid transport på land, orsakar sådana skador på liv, hälsa, miljö eller egendom som beror på godsets farliga egenskaper. Det är då särskilt viktigt att de transportmedel och andra transportanordningar som används är lämpliga för transport av farligt gods. Statens Räddningsverk föreskriver de krav som gäller transport av farligt gods på väg och i terräng. i SRVFS 2004:14, ADR-S.

9.5 Sammanställning av regelverk för pilotprojekten

I Tabell 11 nedan finns en sammanställning av regelverk för de fyra pilotprojekten.

Tabell 21: Sammanställning av regelverk för de olika fyra pilotprojekten.

Pilotprojekt nr	1a och 1b	2	3	4
Utrustning		Tankning sker på plats Lagertank för LMG 20 000 liter CMG-lager ca 600 Nm ³ (0,43 ton), vid 15 °C Hantering av 2000 Nm ³ /dygn = 730 000 Nm ³ /år	Produktion av LMG är i a) Råvekärr 150 000 liter LNG per dygn. Lagring 300 000 liter, vilket motsvarar 128 ton. b) Halmstad 15 000 liter LMG per dygn, lagring 50 000 l, vilket motsvarar 21 ton.	Mängden som lagras kommer att bestämmas senare. De hanterade mängderna vid anläggningen är 1000 Nm ³ /tim 50 % metan; alternativt 7500 Nm ³ /tim 65% metan.
Naturgaslagen	Berörs inte	Berörs inte	Berörs troligen av krav på koncessionsplikt	Berörs inte
Miljöbalken 1998:808, förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd 1998:899	Berörs inte, eftersom mindre än 1 miljon Nm ³ gas alternativt 1000 m ³ flytande motorbränsle hanteras per år.	Berörs inte, eftersom mindre än 1 miljon Nm ³ alternativt 1000 m ³ flytande motorbränsle hanteras per år.	Mer än 150 000 Nm ³ gasformiga bränslen framställs per år. Kan därför omfattas av krav på tillstånd, tillämpligheten av lagstiftningen bör undersökas närmare.	Mer än 150 000 Nm ³ gasformiga bränslen framställs per år. Kan därför omfattas av krav på tillstånd, tillämpligheten av lagstiftningen bör undersökas närmare.
Lag (1988:868) samt förordning (1988:1145) om explosiv och brandfarlig vara	Omfattas av krav på tillstånd.	Omfattas av krav på tillstånd.	Omfattas av krav på tillstånd.	Omfattas av krav på tillstånd.
Lag (1999:381) samt förordning (1999:382) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor (seveso-lagstiftningen)	Berörs ej, eftersom lagrad mängd understiger 50 ton, 117 000 liter LMG och 70 000 Nm ³ CMG	Berörs ej, eftersom lagrad mängd understiger 117 000 liter LMG och 70 000 Nm ³ CMG	a) Lagrad mängd (128 ton) överstiger den undre kravnivån, men inte den övre, vilket innebär att anläggningen omfattas av krav på anmälningsplikt och handlingsprogram. b) Berörs ej, lagrad mängd understiger 117 000 liter LMG	Eftersom det inte är bestämt vilken mängd som ska lagras, är det idag oklart om lagstiftningen omfattas.

10 BIDRAG

Nedan presenteras tre bidrag som är möjliga för LCMG-projekt:

10.1 KLIMP

Klimatinvesteringsprogrammet (KLIMP) har pågått sedan 2003 och är i viss mån en fortsättning på Lokala investeringsprogrammet (LIP). Inom KLIMP har hittills 1,1 miljarder kr betalats ut.

Bidrag till investeringsprogram som KLIMP bygger på samverkan mellan nationell och lokal nivå och ska stimulera kommuner, företag och andra aktörer att göra långsiktiga investeringar som minskar miljöbelastningen och uppmuntrar lokalt engagemang och lokala initiativ. Klimp bidrar till att nå det svenska klimatmålet genom att minska utsläppen av växthusgaser, stärka det lokala klimatarbetet och samla och sprida kunskaper och erfarenheter om klimatinvesteringar.

Ett investeringsprogram består av åtgärder som till största delen utgörs av fysiska investeringar. De löper normalt under fyra år, och slutrapporteras därefter. Då bestäms vilket slutligt bidrag som ska utgå till dem som gjort investeringar, beroende på hur väl de lyckats uppfylla sina mål.

Naturvårdsverket ansvarar för programmet. Efter en första granskning av varje ansökan, tar Naturvårdsverket beslut om huruvida ansökan skall gå vidare till specialgranskning hos den myndighet ansökan sorteras under, t.ex. Statens Energimyndighet.

Vid bedömning av ansökan används vissa nyckeltal som rör kostnadseffektivitet, lönsamhet och bidragseffektivitet. Gränsen för kostnadseffektivitet har för närvarande satts till 2 kr/kg CO₂ ekvivalenter. Beträffande lönsamhetstalet används begreppet återbetalningstid. Fem år eller kortare återbetalningstid anses betyda att åtgärden är lönsam utan bidrag, och det blir avslag på ansökan. För bidragseffektivitet används nyckeltalet koldioxidreduktion per investerad bidragskrona. En åtgärd hamnar i kategorin hög bidragseffektivitet om kostnaden för reduktion av CO₂ ligger under 0,15 kr/kWh. Över 0,5 kr/kWh betraktas bidragseffektiviteten som låg.

Företag kan söka max 30 % av åtgärdskostnaden i bidrag medan offentlig verksamhet kan söka en högre andel i bidrag. Dock måste bidragseffektiviteten beaktas.

Sista anmälningsdatum för 2008 är 1 november 2007. För att veta vad en KLIMP-ansökan skall innehålla finns ett regelverk, en handbok samt texter ur godkända ansökningar.

10.2 Sjunde ramprogrammet

EU är en stor finansiär av europeiskt samarbete inom forskning och utveckling. Det största EU-programmet är det sjunde ramprogrammet - FP7 - som pågår 2007–2013. FP7 ger stöd

till forskning inom utvalda prioriterade områden - och syftet är att göra EU till eller bibehålla EU som världsledare inom dessa områden. De områden som omfattas av FP7 är:

- Samarbete
- Kapacitet
- Människor
- Idéer

Inom området **Samarbete** finns området **Energy**, vilket kan vara en möjlighet för LCMG-projekt. Programmet kallas FP7 Cooperation Work Programme: Energy.

Aktivitet 3 inom FP7 Cooperation Work Programme: Energy är Förnyelsebar bränsleproduktion, **Renewable fuel production**.

Aktivitet 3 Renewable fuel production syftar till: forskning, utveckling och demonstration av förbättrade bränsleproduktionssystem och konverteringsteknologier för hållbar produktion och leverans av fasta, flytande och gasformiga bränslen från biomassa (inkl. nedbrytbara fraktioner av avfall).

Inom Aktivitet 3 finns Area 3.6 **Biofuel use in transport** vars syfte är: att visa och vidareutveckla den tekniska tillförlitligheten, energieffektiviteten, miljörelaterade och sociala fördelar med biobränsle som fordonsbränsle: rent eller som inblandning i fossila bränslen.

Förväntad effekt Area 3.6 är: att accelerera genomslaget på marknaden och reducera kostnader förenade med implementeringen av nya teknologier och att tillhandahålla input för EU policy.

Inom Area 3.6 finns Topic 3.6.1: **Demonstration of liquid and gaseous biofuels use in transport/vehicles**. Syfte: Demonstration av mediumstora flottor på rent biobränsle, hög inblandning och att introducera nya teknologier såsom kombinationer av electric hybrid teknologier. Biobränsle som härstammar från innovativa produktionsprocesser och innovativa användningsområden kommer att värderas högre.

Projektet skall vara ett så kallat "Collaborative project with a predominant demonstration component. Ett Collaborative project innebär att det skall vara minst tre oberoende "legal entities" som alla är etablerade i olika EU-medlemsstater.

Förväntad effekt: 1) att öka frekvensen av biobränslen för fordon 2) Bidra till en mer hållbar, mindre fossilberoende distribution för transportsektorn 3) att underlätta introduktionen av nya teknologier för biobränsle drivna bilar.

Ansökningstider för Topic Energy2007.3.6.1: Demonstration of liquid and gaseous biofuels use in transport/vehicle:

- First Call 2007-05-03
- Second Call 2007-06-28

10.3 CIP-Competitiveness and Innovation Programme

För att stärka de europeiska småföretagens konkurrenskraft har EU startat ett nytt ramprogram: CIP - Competitiveness and Innovation Programme. Målet är att öka produktiviteten, innovationskapaciteten och ge en hållbar tillväxt.

EU:s nya program CIP kommer att löpa bredvid sjunde ramprogrammet, men vara mer marknadsnära.

Programmet kommer att vara inriktat på företagens, speciellt småföretagens villkor. Det ska, enligt VINNOVA, mer vara ett stöd till att förbättra förutsättningarna för småföretagen, än vara specifik hjälp till enskilda företag.

Programmet ska också stötta miljöinnovationer, en hållbar resursanvändning och utnyttjandet av informations och kommunikationsteknologi.

CIP kommer att löpa från 2007-2013 och har en budget på 3,6 miljarder euro indelat i tre olika delar:

Den del av CIP som kan vara intressant för ett LCMG-projekt är den tredje delen, programmet för intelligent energi – Europa.

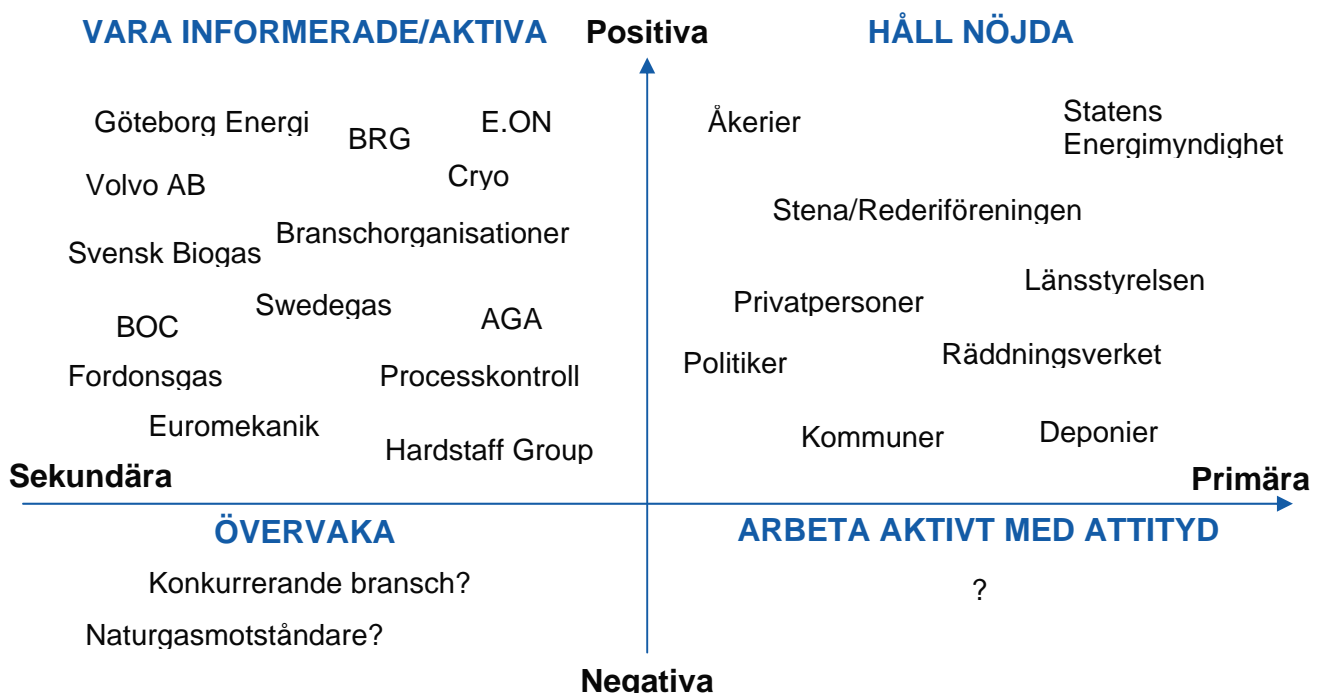
Programmet för intelligent energi – Europa ska främja en effektivare användning av den energi som finns; utvecklandet av förnybara energikällor och arbeta för energisnålare och mer hållbara transporter.

11 INTRESSENER

Nedan presenteras exempel på intressenter för en utbyggd LCMG-infrastruktur.

Intressenterna har indelade efter om de är positiva eller negativa och primära (användare och lagstiftning) eller sekundära (leverantörer, anläggningsägare och producenter).

Med blå text anges också hur de som arbetar för en utbyggd LCMG-infrastruktur kan bearbeta och förhålla sig till de olika grupperna.



Figur 15: Exempel på en intresseanalys för en utbyggd LCMG-infrastruktur.

12 KOMMENTARER OCH SLUTSATSER

Nedan följer kommentarer och slutsatser av genomförd studie av pilotprojekt för introducering av LMG som fordonsbränsle i Sverige.

12.1 Pilotprojekt 1 – CMG och LMG från LMG-backup

- De befintliga LMG-backuperna på biogasanläggningar är inte anpassade för tankning av CMG och LMG, se kap 3 ovan. LMG-tanken måste vara upphöjd i förhållande till pumpen för att undvika kavitering. Om befintliga LMG-backuper skall användas måste de byggas om.
- Att koppla utrustning för tankning av 1 000 Nm³/dygn CMG på en befintlig LMG-backup kostar enligt budgetoffert från Cryostar ca 1 960 000 kr, se kap 3.3.1. Därtill kommer kostnad för markarbete, transport, installation och drifttagning.
- Att koppla utrustning för tankning av LMG på en befintlig LMG-backup kostar enligt budgetoffert från Cryostar ca 920 000 kr, se kap 3.3.1. Därtill kommer kostnad för markarbete, transport, installation och drifttagning.
- Cryostar, Vanzetti Engineering och Cryo AB är tre leverantörer av LCMG-utrustning.

12.2 Pilotprojekt 2 – LCMG-tankstation

- En LCMG-tankstation kan byggas antingen som en containerlösning eller som en fast installation. En containerlösning har enligt Cryostar fördelar såsom att den monteras och CE-märks redan hos leverantören, är lätt att transportera och installera, är enkel att flytta och döljer utrustningen på en publik tankstation.
- En containerinstallerad LCMG-tankstation med en omsättning av LMG på 2 000 Nm³/dygn kostar enligt budgetoffert från Cryostar och Cryo AB 5 840 000 kr, se kap 4.2.1. Därtill kommer kostnad för markarbete och övrig anslutning.
- En fast installerad LCMG-tankstation med en omsättning av LMG på 2 000 Nm³/dygn kostar enligt budgetoffert från Cryostar och Cryo AB 4 050 000 kr. Därtill kommer kostnad för markarbete, övrig anslutning och beställarens kostnader för installation av utrustningen på plats.

12.3 Pilotprojekt 3 – LMG-produktion vid MR-station

- För att kunna kondensera naturgas till LMG måste naturgasen först renas på koldioxid, vatten och svavelväte. En del av teknikerna har integrerad rening och kondensering men möjligheten finns också att bygga separata renings- och kondenseringsanläggningar. Det senare alternativet är mer beprövad teknik.
- Diskussioner kring licenser och patent på utvecklade tekniker för LMG-produktion vid MR-station pågår mellan olika företag på flera håll i världen.
- Det amerikanska forskningsinstitutet Idaho National Laboratory (INL) har utvecklat teknik för småskalig LMG-produktion. Enligt INL skulle tekniken fungera vid MR-stationerna i Halmstad (60 bar(ö) till 4 bar(ö)) och Råvekärr (60 bar(ö) till 28,8 bar(ö)), se kap 6.2.1.. Tekniken fungerar enligt INL nu även var som helst på en naturgasledning. Processen är integrerad rening och kondensering. Oklart hur mycket av de tyngre kolvätena som kan avskiljas.
- Diskussioner har under våren pågått mellan INL och ett företag intresserade av licens för att bygga anläggningar i Sverige. Kontaktuppgifter har nu erhållits till detta företag och diskussioner kring budgetofferter kan fortsätta föras med dem.
- Hardstaff Group kommer under slutet av juni 2007 att få patent på en teknik som utvecklats för produktion av LMG från både naturgas vid MR-stationer och från biogas/deponigas. Enligt Trevor Fletcher, VD på Hardstaff är det en teknik som producerar en mycket ren LMG utan tyngre kolväten.
- Cryostar tillhandahåller turboexpanderteknik för kondensering av naturgas. I Halmstad skulle enligt Cryostar ca 15-20 % av naturgasflödet genom MR-stationen kunna kondenseras till LMG med denna teknik. Detta utan någon extern energiförbrukning.
- Läckeby Water tillhandahåller teknik för att rena naturgas på koldioxid, fukt och svavelväte före kondensering (med t.ex. Cryostars teknik). Tekniken är av typen kemisorption (absorption genom kemisk reaktion) med en kemikalie som går under handelsnamnet COOAB.

12.4 Pilotprojekt 4 – LMG-produktion från biogas

- För att kunna kondensera biogas till LMG måste den först renas på koldioxid, vatten och svavelväte. Detta för att inte dessa ämnen skall frysa fast i t.ex. värmeväxlare.
- Enligt en specifikation från Cryostar så skall biogasen innan kondensering uppfylla:
 - < 25 ppmv koldioxid
 - < 1 ppmv vatten
 - < 4 ppmv svavelväte.
- Rening och kondensering av biogas kan ske i en integrerad kryogen process eller i två separata steg med en reningsanläggning och en kondenseringsanläggning. Det

senare alternativet är mer beprövad teknik och ger också möjlighet att inte kondensera hela biogasflödet till LMG utan använda en del som CMG.

- Flera integrerade tekniker med rening och kondensering av biogas håller just nu på att utvecklas och/eller kommersialiseras.
- BOC/Linde-koncernen har licens på en integrerad teknik som utvecklats av Gas Technology Institute (GTI). En första anläggning för produktion av motsvande 1 000 Nm³/h LMG byggs och driftsätts nu (våren/sommaren 2007) på en deponi i England. Anläggningen i England kommer att producera LMG men inte flytande koldioxid.
- Volvo-koncernen har via dotterbolaget Mack Trucks licens på en teknik för produktion av LMG och flytande koldioxid från deponigas och biogas. Tekniken har utvecklats av det amerikanska företaget Acrion. En demoprojekt genomfördes 2005 på en deponi i USA. Demoprojektet gav enligt Volvo mycket goda resultat gällande kvaliteten på både LMG:n och den flytande koldioxiden.
- Läckeby Water har teknik för rening av biogas till en kvalitet som uppfyller kraven för kondensering. Cryostar har teknik för att kondensera metanet till LMG. Genom att kombinera dessa två anläggningar kan biogas uppgraderas och kondenseras till LMG. Följande produktionskostnader har tagits fram baserade på budgetofferter för Lidköping och Malmö, se kap 7.3.1 ovan,:

Lidköping: 1000 Nm³/h rå biogas med 50 % metanhalt
- produktionskostnad 2,6 kr per motsvarande Nm³ LMG

Malmö: 7500 Nm³/h rå biogas med 65 % metanhalt
- produktionskostnad 1,3 kr/Nm³ per motsvarande Nm³ LMG

Ovanstående produktionskostnader för Lidköping och Malmö skulle kunna reduceras genom avsättning för spillvärme och ev. flytande koldioxid (måste utredas närmare).

12.5 Flytande koldioxid

- En möjlig avsättning för flytande koldioxid som producerats vid uppgradering och kondensering av biogas är i kyltransporter. Konventionella dieselaggregat ersätts då med aggregat som drivs med flytande koldioxid. På detta sätt kan förnyelsebar koldioxid ersätta diesel.
- Koldioxidaggregat har jämfört med dieselaggregat bl.a. fördelarna att de inte släpper ut några avgaser, har låg ljudnivå, låg underhållskostnad och hög kyleffekt.
- Genom att även använda koldioxiden i biogasen för att ersätta diesel kan mängden ersatt diesel ökas med ca 25 %.

12.6 Regelverk

- Regelverk och lagstiftning som kan komma att beröra de olika pilotprojekten är, se kap 9 ovan:

- Naturgaslagen
- Miljöbalken
- Lagen om hantering av explosiva och brandfarliga varor
- Sevesolagstiftningen

Förutom de lagstiftningar som nämnts ovan kan anläggningarna beröras av annan lagstiftning t ex plan och bygglagen med krav på bygglov, arbetsmiljölagen och lag om skydd mot olyckor.

- Osäkerheter finns kring vilka regler som gäller vid produktion och hantering av LMG eftersom lagstiftningarna oftast bara behandlar metan i gasform och ej i flytande form. Detta behöver utredas närmare.

12.7 Bidrag

- Tre typer av bidrag har identifierats som möjliga att söka för pilotprojekten, se kap 10.3:

- Klimpbidrag
- EU:s sjunde ramprogram FP7 (pågår 2007-2013)
- CIP - Competitiveness and Innovation Programme (nystartat EU-ramprogram som kommer att löpa parallellt med sjunde ramprogrammet 2007-2013)

12.8 Intressenter

- Det finns många intressenter för en utbyggd LCMG-infrastruktur, några exempel kan ses nedan:

- De som skall använda infrastrukturen t.ex. åkerier
- Lagstiftning och myndigheter som reglerar den här typen av verksamhet
- Kommuner och politiker
- Producenter och leverantörer som bygger upp och driver LCMG-infrastrukturen
- Fordonsleverantörer
- Branschorganisationer
- Ev. konkurrerande branscher och motståndare

13 REFERENSER

Samtal och diskussioner med följande företag:

- [1] Cryostar
- [2] Cryo AB
- [3] Vanzetti Engineering
- [4] Idaho National Laboratory
- [5] The Hardstaff Group
- [6] Prometheus Energy
- [7] BOC
- [8] AGA
- [9] Volvo AB
- [10] Swedegas
- [11] HO-Nilsson



Scheelegatan 3, 212 28 Malmö • Tel 040-680 07 60 • Fax 040-680 07 69
www.sgc.se • info@sgc.se
