

Nationellt Samverkansprojekt Biogas i Fordon



Förutsättningar för att utnyttja biogas från Käppalaverket som fordonsbränsle för bussar och andra fordon

610323

ISSN 1651-5501

Projektet delfinansieras av Energimyndigheten

SL, Lidingö Stad och Käppalaförbundet

Förutsättningar för att utnyttja biogas från Käppalaverket som fordonsbränsle för bussar och andra fordon

Förstudie



**Slutrapport, rev 1
Stockholm 2005-11-14**

Uppdragsnummer: 1157229000

SWECO VIAK
Gjörwellsgatan 22
Box 34044, 100 26 Stockholm
Telefon 08-695 60 00
Telefax 08-695 60 10

SAAN
p:\1174\1157229 förstudie - biogas från käppala\10
arbetsmtrl_dok\rapport\nytt efter 2004-10-06\2005-11-14 ra
förstudie cbg på lidingö saan.doc



Sammanfattning

Syftet med denna förstudie var att utreda förutsättningarna för att kunna utnyttja biogasen från Käppalaverket, främst som fordonsbränsle, på ett tekniskt, ekonomiskt, säkert och miljömässigt effektivt sätt. Förstudien skulle dessutom utreda hur produktion och nyttjande av biogas kan optimeras för bussar och andra lämpliga fordon inom Lidingö.

Inledningsvis har förutsättningarna för att utnyttja biogasen från Käppalaverket utretts samt potentialen för biogas som drivmedel inom Lidingö kartlagts. Utifrån detta föreslås därefter en utformning av ett komplett biogassystem anpassat för förutsättningarna inom Lidingö. Biogassystemet innefattar så väl produktion av biogas vid Käppalaverket som överföring av via ledning till bussdepån och tankning av bussar samt andra fordon.

För utvärdering av det föreslagna biogassystemets miljöpåverkan studeras tre alternativa scenarier. Scenarierna baseras på dagens situation med hänsyn tagen till eventuella förändringar som kan komma att påverka efterfrågan av biogas i framtiden. De studerade scenarierna är följande:

- Scenarion 1: 30 bussar
- Scenario 2: 37 bussar
- Scenarion 3: 80% av den producerade biogasen vid Käppalaverket används som fordonsbränsle.

Resultatet av den utförda analysen med avseende på miljö visar att samtliga emissioner till luft minskar med mellan 60 och 100 % jämfört med om fordonen skulle drivas på diesel. Dessutom visar den miljöekonomiska värderingen att minskningen av emissionerna till luft medför miljövinster motsvarande upp till 29 miljoner kronor per år, se resultat presenterat i tabell nedan.

	Scenario 1 30 bussar ton/år	Scenario 2 37 bussar ton/år	Scenario 3 80% biogas ton/år	Minskning %
fossil CO₂	2 900	3 500	5 200	100
NOx	63	75	100	63
partiklar	2,2	2,6	4	90
CH	15	18,5	25	75
CO	90	110	150	99
Ekonomisk värdering	17 MSEK/år	20 MSEK/år	29 MSEK/år	85%

Förstudien utreder även den tilltänkta anläggningens placering inom Käppalaverket och bussdepån utifrån praktisk lämplighet och säkerhet, se kapitel 10.

Slutligen presenteras en investeringsbudget och tidplan för ett eventuellt genomförande av det föreslagna projektet. Investeringsbudgeten har uppskattats till totalt ca 70 miljoner sek för hela det föreslagna biogassystemet, uppdelat på följande delar:

Anläggningsdelar	MSEK
Gasproduktion	30
Distributionsledning	11
Busstankningsanläggning	20
Back-up system	3,6
Publik tankningsanläggning	5,7
TOTALT	70,3

En realisering av det föreslagna biogassystemet uppskattas ta ca 2 år från det att ett beslut fattas om att påbörja upphandling av de fasta installationerna till dess att trafiken kan tas i drift.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE OCH MÅL	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	2
2	POTENTIAL FÖR BIOGAS INOM LIDINGÖ	2
2.1	STORSTOCKHOLMS LOKALTRAFIK, SL	2
2.2	RENHÅLLNINGSTJÄNSTER	3
2.3	LIDINGÖ STADS EGEN FORDONSPARK	4
2.4	UPPHANDLADE TRANSPORTTJÄNSTER	4
2.5	DEN TOTALA POTENTIALEN FÖR BIOGAS INOM LIDINGÖ	5
2.6	FRAMTIDA EFTERFRÅGAN	7
3	FÖRUTSÄTTNINGAR	8
3.1	REGIONALA OCH LOKALA FÖRUTSÄTTNINGAR	8
3.2	ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR VID KÄPPALAVERKET	11
4	BIOGASSYSTEMETS UPPBYGGNAD	20
5	PRODUKTION AV BIOGAS SOM DRIVMEDEL PÅ KÄPPALAVERKET	22
5.1	GEOGRAFISK PLACERING AV GASBEHANDLINGSANLÄGGNING	22
5.2	PRODUKTIONSMETODER	25
5.3	KVALITETSKRAV	31
5.4	PRODUKTIONSKAPACITET	32
5.5	FÖRESLAGEN PRODUKTIONSMETOD	33
6	ÖVERFÖRING AV BIOGAS FRÅN KÄPPALAVERKET TILL BUSSEDEPÅN	34
6.1	ALTERNATIVA ÖVERFÖRINGSMÖJLIGHETER	34
6.2	FÖRESLAGEN ÖVERFÖRINGSMETOD	38
7	TANKNING AV BIOGAS SOM DRIVMEDEL	39
7.1	UTRUSTNING FÖR TANKNING AV BUSSAR	39
7.2	PLACERING AV TANKNINGSPLATS FÖR BUSSAR	45
7.3	PLACERING AV PUBLIK TANKNINGSPLATS	49
8	TILLGÄNGLIGHET	49
9	MILJÖ	50
9.1	EMISSIONER TILL LUFT	51
9.2	UPPSKATTNING AV EMISSIONER TILL LUFT VID INFÖRANDE AV BIOGASBUSSAR	55
9.3	BULLER	60
9.4	MILJÖASPEKTER PÅ PRODUKTION OCH DISTRIBUTION	62
9.5	MILJÖEKONOMISK VÄRDERING	68

9.6	SAMMANFATTNING AV MILJÖPÅVERKAN	70
10	SÄKERHETSASPEKTER	72
10.1	AVSTÅND TILL EXTERN VERKSAMHET	72
10.2	AVSTÅND MELLAN OLIKA DELAR INOM ANLÄGGNINGEN	73
10.3	FÖRESLAGEN PLACERING	74
11	TILLSTÅND	76
11.1	TILLSTÅND FÖR HANTERING AV BRANDFARLIG VARA	76
11.2	ANMÄLAN ENLIGT MILJÖBALKEN	76
11.3	ANMÄLAN OCH HANDLINGSPROGRAM ANGÅENDE FÖREBYGGANDE AV ALLVARLIGA KEMIKALIEOLYCKOR	76
11.4	BYGGLOVSANSÖKAN	77
12	TIDPLAN FÖR MÖJLIG UTBYGGNAD	78
13	INVESTERINGAR OCH DRIFTSKOSTANDER	78
13.1	GASPRODUKTION	78
13.2	DISTRIBUTIONSLEDNING	79
13.3	BUSSTANKNINGSANLÄGGNING	80
13.4	BACK-UP SYSTEM	80
13.5	PUBLIK TANKNINGSANLÄGGING	81
13.6	DRIFTKOSTNADSKALKYL	82

Referenser

1 Inledning

I föreliggande rapport ges inledningsvis en beskrivning av projektets bakgrund, syfte och mål. Dessutom presenteras rapportens avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Storstockholms Lokaltrafik (SL) har i sitt program för ett hållbart resande satt upp mål inom området förnyelsebara drivmedel. Ett av dessa mål beskriver att 20 % av SL:s busstrafik skall utföras med förnyelsebara drivmedel senast år 2008. Bland de förnyelsebara drivmedlen satsar SL framförallt på etanol och biogas, exempelvis har ett beslut fattats att 120 bussar skall drivas på biogas år 2008. Det är SL:s långsiktiga strategi att utöka användandet av biogas som drivmedel för bussflottan och SL önskar därför utreda möjligheterna till att utnyttja biogas på andra platser i länet, utöver Söderdepån.

Vid Käppala avloppsreningsverk på Lidingö i Stockholms län produceras idag biogas som en biprodukt i reningsprocessen. Denna biogas används för värmeproduktion i gaspannor ägda av Käppalaförbundet. Den utvunna energin som inte används för intern uppvärmning levereras till Lidingös fjärrvärmenät, vilket ägs av Energibolaget Fortum.

Det ligger dessutom i Lidingö stads intresse att konvertera från fossila till alternativa bränslen för att på så sätt minska miljöpåverkan.

1.2 Syfte och mål

Syftet med förstudien är att utreda förutsättningarna för att kunna utnyttja biogasen, främst som fordonsbränsle, på ett tekniskt, ekonomiskt, säkert och miljömässigt effektivt sätt.

Målet med förstudien är att utreda hur produktion och nyttjande av biogas som fordonsbränsle skall kunna optimeras för bussar och andra lämpliga fordon inom Lidingö och om möjligt även för andra delar av Stockholms Län.

1.3 Avgränsningar

Förstudien avser endast att kartlägga behovet av biogas inom Lidingö, det vill säga SL:s bussar som är i trafik på Lidingö, Lidingö Stads fordonflotta och de transporttjänster som handlas upp av Lidingö stad, renhållningsfordon på Lidingö samt behovet av gas för uppvärmning inom avloppsreningsverket vid Käppala.

Vid utlåtande angående möjlig placering av en tankstation tas ingen hänsyn till att bussdepån eventuellt kommer att flyttas i framtiden.

Investeringskalkylen omfattar endast kostnaden för de tillkommande anläggningsdelar som biogassystemet kräver, kalkylen innefattar inte kostnader för bussar och övriga biogasdrivna fordon.

Bedömningarna gjorda i denna förstudie bygger på uppgifter som i dagsläget finns tillgängliga.

2 Potential för biogas inom Lidingö

Nedan ges en sammanställning av biogas potentialen baserad på dagens trafikarbete av de viktigaste transportaktörerna på Lidingö; SL och Lidingö stad. Lidingö stad delas in enligt följande; renhållning (hushållsavfallsinsamling), Lidingö stads egen fordonspark samt upphandlade transport tjänster. Dessutom uppskattas hur efterfrågan kommer att utvecklas under de närmaste åren.

2.1 Storstockholms Lokaltrafik, SL

Enligt uppgifter från Storstockholms Lokaltrafik (SL) finns idag ca 30 bussar stationerade vid bussdepån på Lidingö. Bussarna utför ett trafikarbete av 1 914 000 utbudskm per år, eller ca 63 800 km/buss/år. Utifrån bedömningen att varje buss har en drivmedelsförbrukning av 0,7 Nm³ biogas/km förväntas därför efterfrågan av fordonsgas för SL:s bussflotta uppgå till 1 340 000 Nm³/år.

Förbrukningen av drivmedel för bussarna är dock inte konstant över hela året utan varierar dels över en och samma vecka, eftersom bussarna kör mindre under helgen än under vanliga veckodagar, dels över året, eftersom bussarna kör mindre under sommartidtabellen än under vintertidtabellen. Utifrån uppgifter från Busslink uppskattas att drivmedelsförbrukningen minskar med i genomsnitt ca 25 % under sommarmånaderna juni, juli och augusti, då bussarna kör enligt

sommartidtabell, jämfört med under årets övriga månader då trafiken följer vintertidtabell. Dessutom minskar drivmedelsförbrukningen under vintertidtabellen med i genomsnitt ca 40 % under helgen jämfört med under veckan och för sommartidtabellen med ca 30 % under helgen jämfört med under veckan.

Åldern på de befintliga bussarna vid bussdepån är fördelade enligt följande Euroklasser; 19 st Euro 0 (tillverkade mellan 1987-1992), 7 st Euro 2 (1996-2000), 4 st Euro 3 (från 2001). Utbytesmöjligheten till andra SL depåer finns för de yngsta bussar (11 st).

Faktorer som i framtiden anses kunna påverka antalet bussar stationerade vid bussdepån på Lidingö och därmed efterfrågan på biogas är främst:

- De diskussioner som pågår om Lidingöbanans framtid. En eventuell nedläggning av Lidingöbanan bedöms i detta fall medföra ett ökat trafikarbetet med ytterligare 828 000 utbudskm. Uppgifterna baseras på bedömningar gjorda av SL. Efterfrågan av biogas ökar därmed med ytterligare 600 000 Nm³/år.
- Ett eventuellt införande av biltullar, vilket komma att påverka antalet bussar stationerade på depån. Enligt en uppgift från Busstjänst, som idag driver arbetet på depån, skulle införandet av trängselavgifter innebära en utökning av befintlig bussflotta med ytterligare tre bussar från och med juni 2005. Förutsatt att dessa tre bussar utför i genomsnitt samma trafikarbete som de befintliga bussarna inom depån, dvs 63 800 km/buss/år, kommer efterfrågan på biogas att öka med ca 135 000 Nm³ biogas/år i och med införandet av biltullar.

Möjligheten kan även finnas att öka antalet bussar genom omläggning av depåns driftområde så att fler busslinjer utgår från Lidingö.

2.2 Renhållningstjänster

Insamling av hushållsavfall på Lidingö utförs av upphandlad entreprenör. Det nuvarande renhållningskontraktet (insamling av hushållsavfall) gäller tom 2008-03-31 med möjligheten för förlängning i två år.

Fordonsparken är baserad vid Båtmanhersberg garage och består av 5 sopbilar som utför ett trafikarbete av ca 100 000 km/år (80 km/dag/fordon) samt en personbil med en årlig körsträcka av 20 000 km/år.

Baserad på dagens förbrukning av 0,5 l/km (dvs ca 0,5 Nm³ biogas/km) för sopbilarna (inklusive tomgångskörning) förväntas efterfrågan av biogas för sopbilarna uppgå till 50 000 Nm³/år samt 2 000 Nm³/år för personbilen.

2.3 Lidingö stads egen fordonspark

Lidingö stads egen fordonspark består av ca 100 fordon (se tabell 1 nedan) som uppskattas förbruka ca 200 000 Nm³ biogas/år.

Tabell 1. Lidingö stads fordonspark

Antal/Typ	Km/fordon/år	Km/år	Nm ³ biogas/år	Medelålder
2 lastbilar	10 000	20 000	12 500	5,5
2 bussar	12 000	24 000	17 000	1,5
29 lättlastbilar	12 000	350 000	105 000	6,8
64 personbilar	10 000	650 000	65 000	4,6

Fordonen parkeras på 14 platser, bara några av dem är utrustade med tankningsanläggningar.

2.4 Upphandlade transporttjänster

Lidingö stads olika förvaltningar upphandlar eller på annat sätt utnyttjar transporter från ett flertal leverantörer. En sammanställning över uppskattad årlig körsträcka för Lidingö stad redovisas nedan.

- tunga fordon: 8 – 10 000 mil/år
- lätta lastbilar: ca 12 000 mil/år
- personbilar: ca 20 000 mil/år

Ett fåtal leverantörer ansvarar för merparten av körsträckorna ovan, dessa är bland andra Stadslednings- samt IT-kontoret leverantörer.

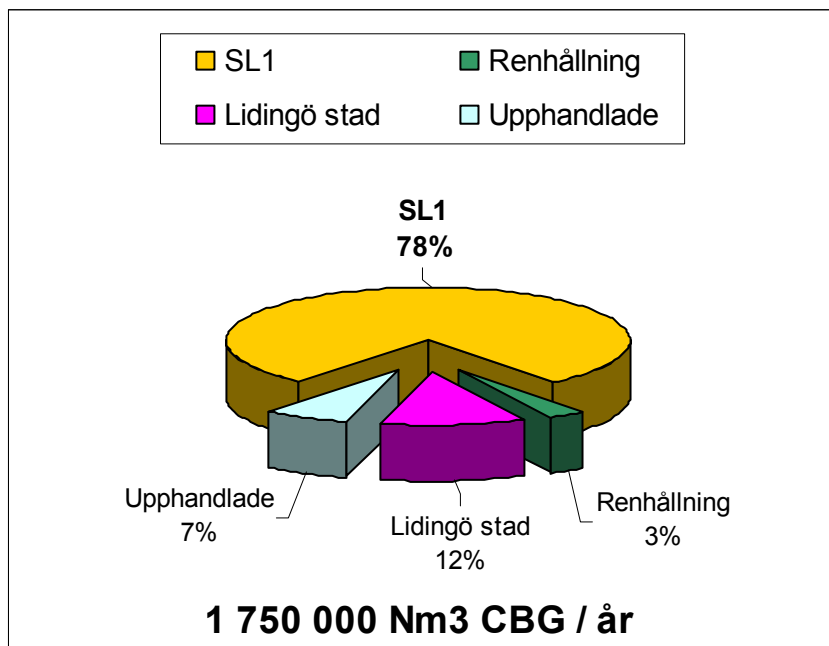
Utifrån en bedömning av drivmedelsförbrukningen, för respektive fordonskategori, kan behovet och den potentiella efterfråga av biogas uppskattas. Drivmedelsförbrukningen för tunga fordon och bussar bedöms uppgå till 7 Nm³ biogas/mil, medan förbrukningen för lätta lastbilar och personbilar bedöms vara 3 Nm³ biogas/mil respektive 1 Nm³ biogas/mil. Detta medför att efterfrågan av biogas baserat på upphandlade transporttjänster uppskattas uppgå till ca 120 000 Nm³ gas/år.

2.5 Den totala potentialen för biogas inom Lidingö

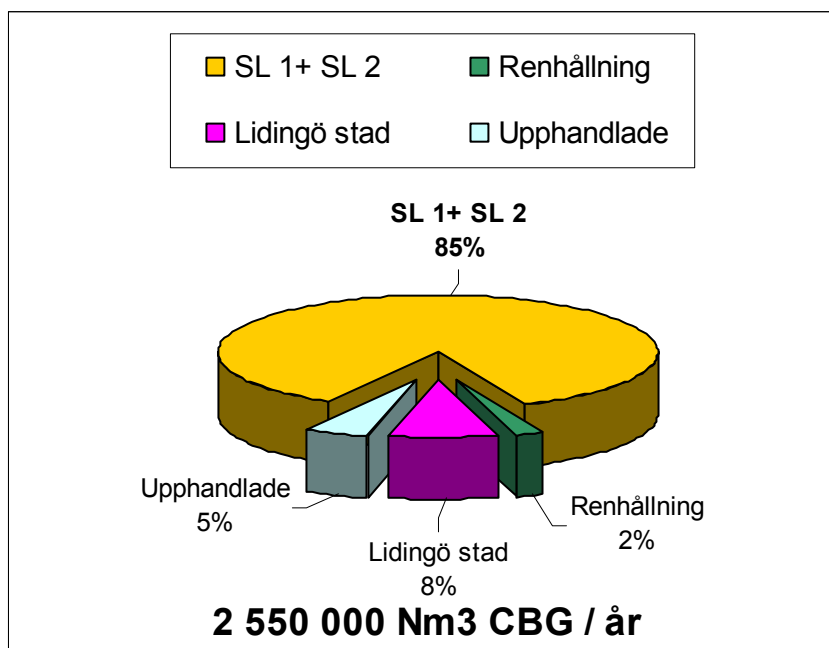
Potentialen för biogas som drivmedel summeras till ca 1 750 000 Nm³ biogas/år:

- SL1: 1 340 000 Nm³ biogas/år
- Renhållningsverksamhet: 50 000 Nm³ biogas/år
- Lidingö stads egna fordon: 200 000 Nm³ biogas/år
- Upphandlade transporttjänster: 120 000 Nm³ biogas/år

Om Lidingöbanan läggs ner ökar potentialen med ca 800 000 Nm³ biogas/år (SL2). Nedan åskådliggörs den uppskattade potentialen i diagram.



Figur 1. Fördelning av potentialen för biogas som drivmedel mellan olika aktörer



Figur 2. Fördelning av potentialen för biogas som drivmedel mellan olika aktörer, inklusive SL 2

SL 1 innebär att dagens bussar konverteras till biogas

SL 2 innebär att bussdepåns fordonflotta utökas i samband med en eventuell nedläggning av Lidingöbanan.

ra01s 2000-03-30

2.6 Framtida efterfrågan

Lidingö stad har ingen miljöpolicy och inga egna luftkvalitetsmål utöver Regeringens framtagna mål. Däremot beskrivs i översiktsplanen, som antogs 2002, att en minskad miljöpåverkan ifrån trafiken skall eftersträvas. Grunden till Tekniska kontorets miljöarbete utgörs av en miljöpolicy som är dokumenterad, införd och underhållen enligt standarden - ISO 14001.

Det finns flera faktorer, lokala och nationella, som kan komma att påverka den framtida efterfrågan av biogas i Lidingö Stad. De främsta av dessa faktorer anses vara följande:

- Vid en eventuell nedläggning av Lidingöbanan skulle detta kunna resultera i en utökning av busstrafiken på Lidingö (alternativ SL2 ovan).
- Politiska styrmedel, så som skatteväxling, trängselavgifter etc.
- En uppbyggnad och utbyggnad av infrastrukturen för publik fordonstankning med biogas. Fler lättillgängliga publika tankstationer för biogas skulle kunna öka efterfrågan av gas från exempelvis taxi, leasingbilar samt privatfordon.
- Implementering av EU direktivet 2003/30/EG om biodrivmedel vilket innebär att 2 % av all bränslen skall utgöras av förnyelsebara bränslen 2005 och 5,75 % år 2010. SOU föreslår att bensinstationer skall vara skyldiga att tillhandahålla minst ett förnybart fordonsbränsle redan år 2005. Frågan är inte slutdiskuterad och i den nationella debatten framhävs risken för en låsning vid en viss teknik för lång tid framöver, nämligen etanol. Detta på grund av att andra bränsle innebär dyrare pumpar (biogas, vätgas).

Utvecklingen i teknik, regelverk och leverantörer för biogas sker idag snabbt. Erfarenheterna från tidigare anläggningar har gett stora tekniska förbättringar och medfört att fler system och leverantörer idag finns på marknaden. Detta har lett till ett nytänkande och förbättringar mot bättre prestanda, tillgänglighet och driftsekonomi.

3 Förutsättningar

I föreliggande kapitel ges en bild av dagens situation och de förutsättningar som råder för införande av biogas som drivmedel för fordon inom Lidingö Stad.

3.1 Regionala och lokala förutsättningar

3.1.1 Region Mälardalen

Inom Mälardalen finns idag ett flertal biogasanläggningar som producerar biogas för fordon. Förutom här i Stockholm på avloppsreningsverken i Bromma och Henriksdal finns även anläggningar idag i Västerås, Uppsala och Eskilstuna samt i Linköping och Norrköping. Dessa anläggningar har idag ett samarbete som innebär att gas säljs och transporteras emellan de olika producenterna.

Biogasen som produceras vid Bromma avloppsreningsverk används som drivmedel till både privata fordon samt kommunens fordon. Gasen kan tankas vid avloppsreningsverket samt vid flera publika tankstationer runt Stockholm, dit gasen transporteras med trailer.

Producerad biogas vid Henriksdals reningsverk leds i en markförlagd gasledning till SL:s bussdepå, Söderhallen, på Söder i Stockholm. All gas från Henriksdals reningsverk är kontrakterad av SL för att driva stadens innerstadsbussar. År 2008 beräknas gasen från Henriksdals reningsverk försörja totalt 120 bussar med biogas.

3.1.2 Lidingö

Lidingö ligger centralt i Stockholmsregionen, strax öster om centrala Stockholms Stad, och är en kommun med ca 41 000 invånare [1]. Lidingö har fast vägförbindelse till Stockholm genom Lidingöbron som trafikeras av bilar och bussar samt järnvägsbron som trafikeras av Lidingöbanans tåg. 12 500 lidingöbor pendlar dagligen till arbete i Stockholm eller andra kommuner, medan 4 500 personer pendlar till Lidingö [2]. Antal personresor över Lidingöbron (enkel riktning) var under 2003 knappt 37 500 stycken per dygn [1]. En översiktskarta över Lidingös lokalisering presenteras i figur 3 nedan.



Figur 3. Översiktskarta

Översiktplanen för Lidingö antogs 2002 och anger bland annat att en minskad miljöpåverkan från trafiken skall eftersträvas. Samtidigt uppskattas att trafiken inom Lidingö kommer öka med 15 % fram till år 2012 [2]. Kartan nedan ger en översikt över Lidingö där också Käppalaverket och Bussdepåns placering är markerade, se figur 4. Avståndet emellan Käppalaverket och bussdepån är ca 4 km (fågelvägen).



Figur 4. Översiktskarta över Lidingö.

Lidingöbanan är en spårvägsförbindelse på Lidingö mellan Ropsten och Gåshaga med en sträckning på öns södra del. Lidingöbanan passerar förbi bussdepån och slutar i närheten av Käppala avloppsreningsverk.

3.1.2.1 Käppalaverket

Käppalaverket är placerat på östra delen av Lidingö, intill vattnet. Strax norr om anläggningen ligger bostadsområdet Gåshaga medan bostadsområdet Käppala är beläget söder om avloppsreningsverket. Intill anläggningen finns flera industribyggnader samt en förskola och skola. Även bostadshus finns i verkets närhet. Se fotografi på omgivningen nedan.



Figur 5. Förskola och skola strax intill Käppalaverket

3.1.2.2 SL:s bussdepå

SL:s bussdepå på Lidingö är belägen strax intill det gamla Dalénum området, på södra delen av Lidingö. Väster om depån ligger bostadsområdet Larsberg, vilket även innefattar en skola. Lidingöbanan går igenom och längs med bussdepåns område. Bussdepån innefattar tankningsplats för diesel, verkstad, tvätthall samt uppställningsplats utomhus för ca 35 bussar. Se bild från området nedan.



Figur 6. Uppställning av bussar vid dagens bussdepå på Lidingö

3.2 Allmänna förutsättningar vid Käppalaverket

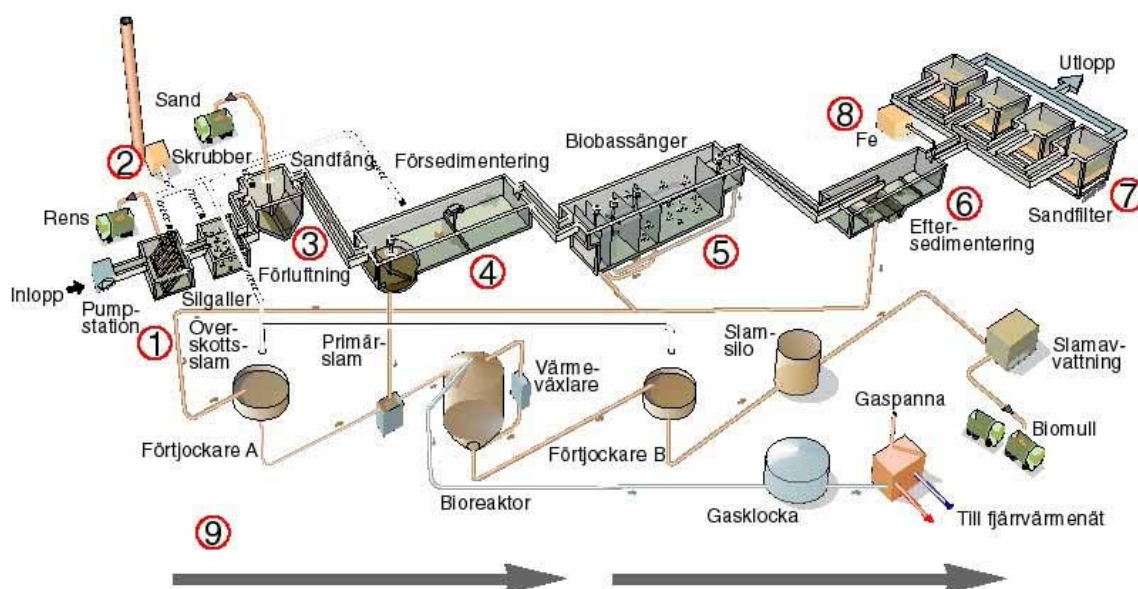
Avloppsreningsverket Käppalaverket ägs av Käppalaförbundet. Käppalaförbundet är ett kommunalförbund ägt av nio kommuner, Danderyd, Lidingö, Sigtuna, Sollentuna, Solna, Täby, Upplands-Bro, Upplands Väsby samt Vallentuna. Förbundets uppgift är att rena avloppsvatten från ovanstående medlemskommuner.

Avloppsvattnet från ovanstående kommuner når Käppalaverket via ett 60 km långt tunnelsystem som har sin ändpunkt vid Gåshaga, Lidingö, där Käppalaverket är beläget.

Den aktuella belastningen vid reningsverket var 2003 cirka 510 000 personequivaler (pe). Anläggningens dimensionerande värde är 700 000 pe. Käppalaverket betjänar således ett större upptagningsområde än endast Lidingö och är ett stort reningsverk.

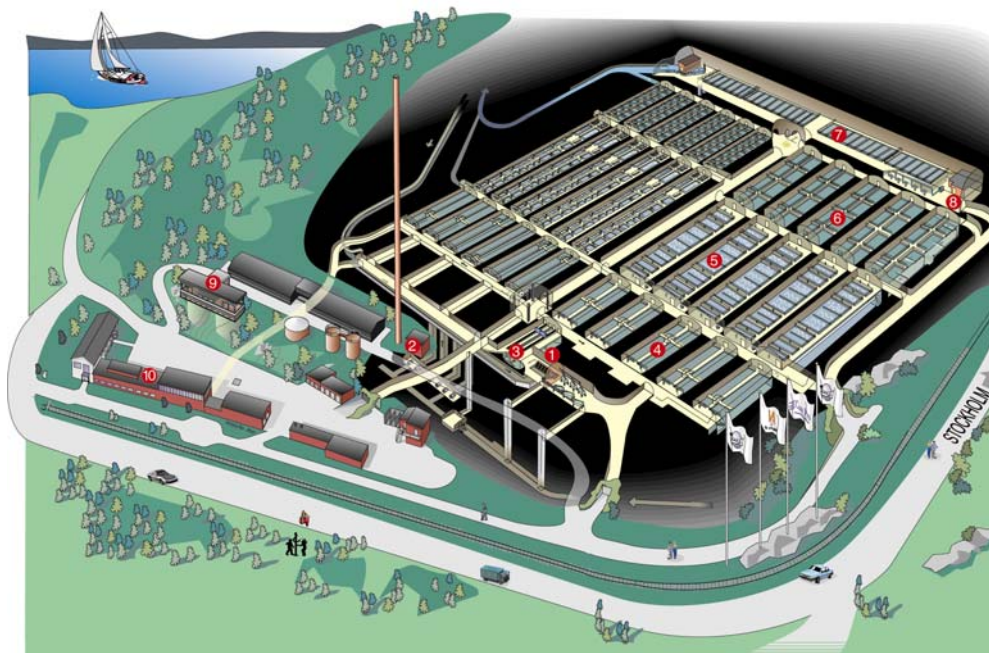
Processen i reningsverket utgörs av flera reningssteg, så som mekanisk-, kemisk- och biologisk rening samt sandfilter. Det producerade avloppsslammet behandlas i två rötammare. Bilden nedan visar reningsprocessen enligt följande numrering:

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. Silhall | 2. Skrubber |
| 3. Sandfång | 4. Försedimentering |
| 5. Biobassänger | 6. Eftersedimentering |
| 7. Sandfilter | 8. Kemisk fällning |
| 9. Slambehandling | 10. Energiproduktion |



Figur 7 Reningsprocessen vid Käppalaverket

Käppalaverket ligger huvudsakligen insprängt i bergum. Ovan mark finns värmecentral, ställverk, slam- och gashantering samt förråd och personalbyggnader, se bild nedan samt numrering ovan.



Figur 8 Översiktsbild Käppalaverket

Nedan visas bilder från anläggningsområdet.



Figur 9 Vy över anläggningen

ra01s 2000-03-30

3.2.1 Nuvarande biogashantering

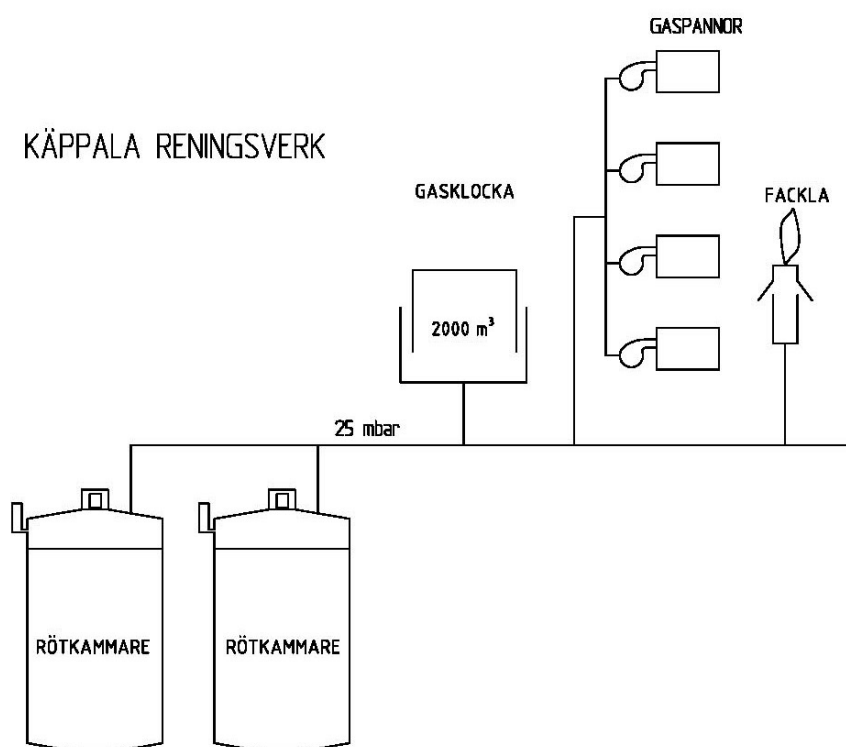
Från avloppsvattenreningen erhålls ett slam som rötas i två stycken bergförlagda rötammare på vardera 9 000 m³, dvs total volym av 18 000 m³. Från rötammarna bildas biogas som idag nyttjas för värmeproduktion i gaspannor ägda av Käppalaförbundet.

På Käppalaverket produceras idag cirka 5 miljoner m³ biogas/år. Detta motsvarar 32 500 MWh/år baserat på att gasens energiinnehåll är cirka 6,5 kWh/Nm³. Uttryckt i oljeförbrukning motsvarar detta 3250 m³ eldningsolja/år (1 m³ olja innehåller ca 10 000 kWh/m³).

Gasproduktionen är genomsnittligt cirka 600 m³/h och varierar normalt på veckobasis ± 20 % från detta värde. Under sommarmånaderna minskar mängden avloppsvatten till Käppalaverket på grund av minskad vattenanvändning under semestertiden. Detta medför att gasproduktionen minskar under dessa månader.

Gaskvaliten har endast mätts vid ett fåtal tillfällen. Senaste mätningarna visade att gasen har en metanhalt på cirka 60 % vilket är normalt för denna typ av anläggning.

Gassystemet på Käppalaverket består förutom av de två rötammarna av en gasklocka på 2000 m³ samt fyra stycken gaspannor och en fackla. Se flödesschema nedan.



Figur 10 Gassystemet på Käppalaverket

Gaspannorna används för värmeproduktion av i stort sett all gas som produceras. Vid en produktion på 5 miljoner m³ biogas per år produceras i nuvarande pannor cirka 25 000 MWh. Befintliga gaspannor är från 1960-talet och har en verkningsgrad på cirka 76 %. En modernisering av pannanläggningen skulle leda till en ökad verkningsgrad.

För internt bruk används idag cirka 10 500 MWh per år men med genomförda energibesparingsprojekt minskar aktuell förbrukning. Resterande värmemängd levereras till Lidingö fjärrvärmnät ägt av Fortum.

3.2.2 Framtida utvecklingsmöjligheter

Biogasmängden för uppgradering till fordonsgas kan frigöras under förutsättning att förbundets avtal med Fortum har omförhandlats.

3.2.2.1 Effektivisering av befintlig slamrötning

Utredningar, försök och tester pågår idag för att förbättra utrötningen av nuvarande slammängder vilket skulle kunna öka gasproduktionen med 5-20%. Vilket resultat som kan uppnås och vilka investeringar som då krävs är idag osäkert.

3.2.2.2 Utökning av rötningen av organiskt material

För närvarande pågår en utredning vid Käppalaverket avseende röt-kammardriften. Denna syftar bl a till att optimera driften samt att undersöka kapaciteten att ta emot tex organiskt avfall för att på det sättet öka rötgasproduktionen. I utredningen ingår också att bedöma behovet av att bygga ytterligare en röt-kammare. Detta skulle kunna leda till betydligt ökande gasmängder i framtiden. Vad detta skulle innebära är dock idag inte klarlagt.

3.2.2.3 Energieffektivisering

Under de senaste åren har energieffektiviseringsåtgärder vidtagits som nu börjar visa resultat. En värmepumpsanläggning för slamuppvärmning togs i drift 2002 och beräknas efter att den kunnat tas i full drift medföra en minskning med cirka 40 % motsvarande 4100 MWh per år.

3.2.2.4 Ersättningsenergi

För värmebehovet som inte kan täckas in med biogas är alternativet att köpa värme från Lidingö fjärrvärmenät. Anslutningar etc för detta finns redan idag.

3.2.3 Transport

Nedan gjorda bedömningen av nuvarande miljöbelastning grundar sig på den fordonsflotta som beskrivits i kapitel 2 ovan. Fordonsflottan inom Lidingö består av SL:s bussar samt ett antal fordon som representerar en betydande del av Lidingö Stads behov.

3.2.3.1 SL Bussar

De 30 bussarna som idag finns stationerade vid bussdepån på Lidingö har ett trafikarbete på 1 914 000 utbudskm per år eller 63 800 km/buss/år (SL1).

Dagens busstrafik om 30 st bussar bedömts medför följande utsläpp till miljön (se kapitel 8 för emissionsfaktorer):

- 90 ton/år CO
- 20 ton/år HC
- 100 ton/år NO_x
- 2,7 ton/år partiklar
- 2900 ton/år fossil CO₂

Om Lidingöbanan läggs ner, bedöms ytterligare 828 000 utbudskm (SL2) tillkomma, eller 13 bussar à 63 800 mil/buss/år. Utsläppsbilden blir totalt (SL1+SL2):

- 135 ton/år CO
- 30 ton/år HC
- 150 ton/år NO_x
- 4 ton/år partiklar
- 4400 ton/år fossil CO₂

3.2.3.2 Renhållningstjänster

Flottan av renhållningsfordon har bedömts ha följande miljöpåverkan med avseende på utsläpp till luft:

Tabell 2. Miljöpåverkan från renhållningsflottan

	CO	HC	NO _x	Partiklar	CO ₂
5 lastbilar 2000 mil/år	500 kg	30 kg	1000 kg	25 kg	120 ton
1 personbil 2000 mil/år	40 kg	10	3 kg	0,12 kg	4,4 ton
Total (kg)	Ca 550	40	1000	25	125 ton

3.2.3.3 Lidingö stads egen fordonspark

Lidingö stads egen fordonsparks bedöms (cf 2.3) ha följande miljöpåverkan med avseende på utsläpp till luft:

Tabell 3. Uppskattning av utsläpp från Lidingö Stads egna fordonspark

	CO	HC	NO _x	Partiklar	CO ₂
Tunga lastbilar	100 kg	6 kg	200 kg	5 kg	48 ton
Lätta lastbilar	500 kg	100 kg	20 kg	2,5 kg	48 ton
Bussar	1125 kg	250 kg	1250 kg	30 kg	36 ton
Lättlastbil	1400 kg	280 kg	65 kg	7 kg	140 ton
Personbilar	1300 kg	325 kg	100 kg	4 kg	140 ton
Total (kg)	Ca 4000	Ca 850	Ca 1700	Ca 50	Ca 400 ton

3.2.3.4 Upphandlade transporttjänster

Enligt uppgifter från Lidingö Stad uppskattas de upphandlade transporttjänsterna omfatta:

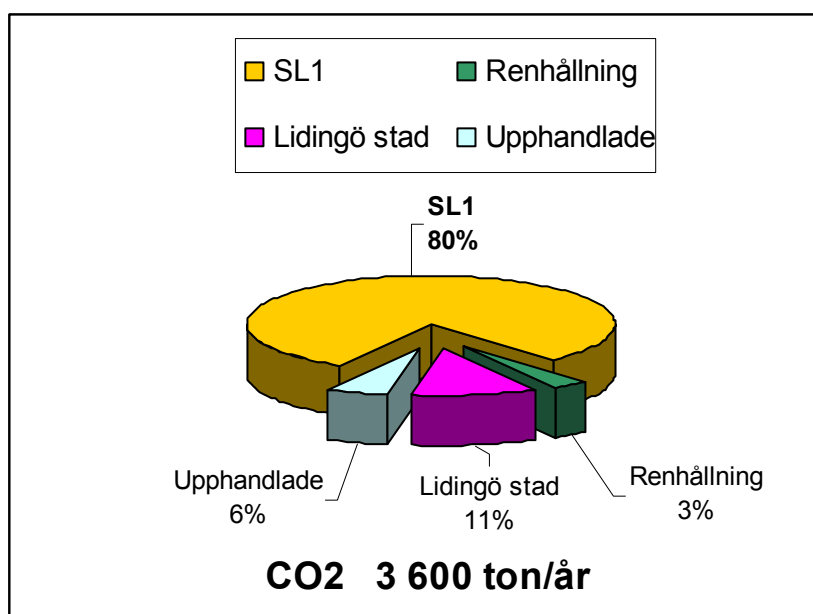
- tunga fordon: 8 – 10 000 mil/år
- lätta lastbilar: ca 12 000 mil/år
- personbilar: ca 20 000 mil/år

Baserat på ovanstående årliga körsträckor redovisas en uppskattning av utsläppen till luft från Lidingö Stads upphandlade transporttjänster.

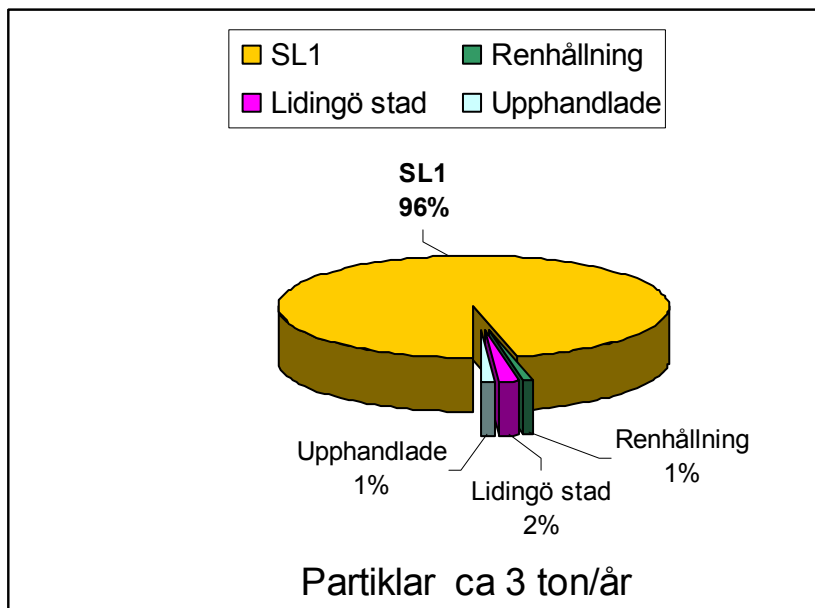
Tabell 4. Uppskattning av utsläpp från upphandlade transporttjänster

	CO	HC	NO _x	Partiklar	CO ₂
Tunga lastbilar	500 kg	30 kg	1000 kg	25 kg	120 ton
Lätta lastbilar	500 kg	100 kg	20 kg	2,5 kg	48 ton
Personbilar	400 kg	100 kg	30 kg	1,2 kg	44 ton
Total (kg)	ca 1500	ca 250	ca 1000	ca 30	ca 200 ton

Sammanfattning av den totala miljöpåverkan i form av diagram över utsläppt mängd Koldioxid (CO₂) och partiklar visas nedan, se figur 11 och 12.



Figur 11. Utsläpp av CO₂



Figur 12. Utsläpp av partiklar.

4 Biogassystemets uppbyggnad

Ett biogassystem på Lidingö föreslås få följande principiella uppbyggnad:

Käppala reningsverk

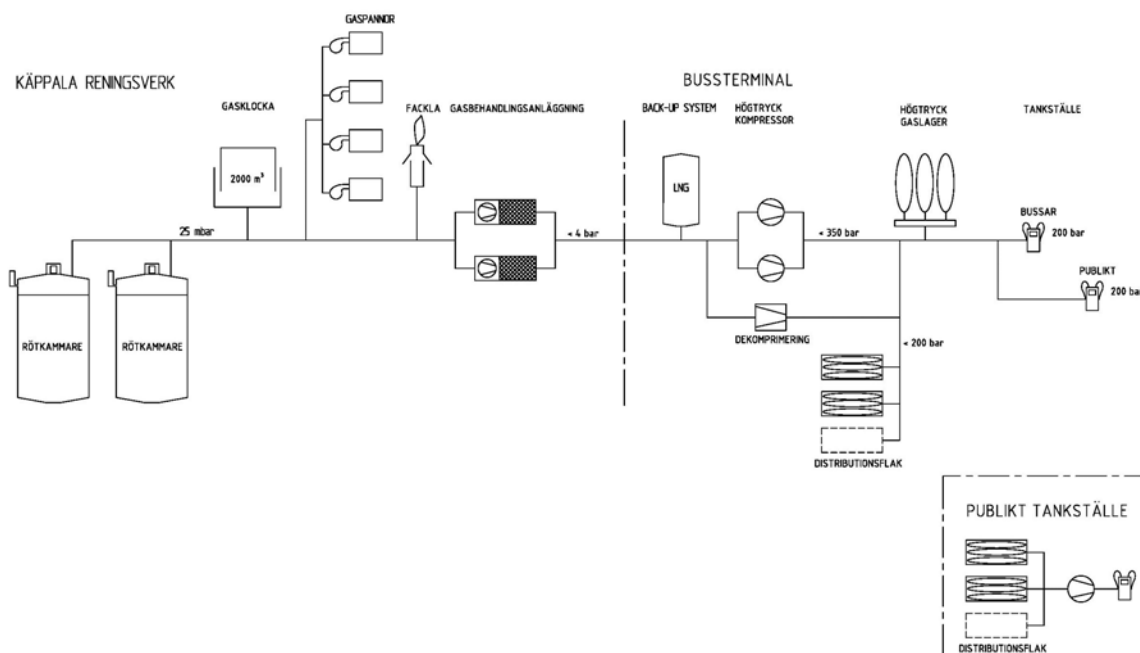
- Rötammare
- Gasklocka
- Gaspanna
- Fackla
- Gasbehandlingsanläggning

Tankningsanläggning vid bussterminal

- Kompressorer
- Gaslager
- Tankningsutrustning
- Gastrailerhantering

- Ev. LNG back-up på en av platserna

Se nedanstående flödesschema.



Figur 13 Processchema biogassystem

Systemet beskrivs i korthet nedan samt motiveras och beskrivs utförligt i kommande kapitel.

Vid reningen av avloppsvatten produceras slam som förs till rötkastrarna på Käppala. Där bryter mikroorganismer ned slammets organiska del under anaeroba (syrefria) förhållanden och biogas bildas. Biogasen har normalt sammansättningen ca 65 % metan, ca 35 % koldioxid, små mängder andra gaser samt är mättad med fukt. Biogasen som produceras i rötkastrarna på Käppalaverket utgör

Biogasen leds till en gasklocka för utjämning, varifrån den sedan leds till gasbehandlingsanläggningen. Där rensas gasen från koldioxid, vatten, partiklar, små mängder svavelföreningar och andra ämnen samt komprimeras. Den rensade gasen har nu en metanhalt av ca 98 %. Det finns idag ett flertal olika tekniker för rening av rågasen, vilka finns beskrivna i följande kapitel 5.

Gas som inte behövs för fordonsdrift nyttjas i första hand för värmeproduktion på Käppala och i andra hand facklas den av.

Efter rening distribueras gasen till en tankningsstation vilket kan göras på två sätt, dels via gasledning dels via transport med gastrailer. I Lidingös fall kommer det att vara aktuellt med en gasledning mellan gasproduktionsanläggningen på Käppala och bussterminalen där busstanking sker. Dessa två alternativ beskrivs närmare i kapitel 6

En tankningsstation för biogas utgörs av högtryckskompressorer, gaslager samt dispenser (= tankningspump). Anläggningen arbetar en stor del av dygnet med att fylla lager och fordon. Gaslagret dimensioneras vanligtvis för ett dygns behov av gas.

Tanknings kan ske antingen som snabbtanknings vid pump eller som långsamtankning vid uppställningsramp. Att tanka en buss med snabbtankning tar idag ca 5 minuter och lämpar sig även för tankning av tex. taxibilar, sopbilar liksom vanliga personbilar. Långsamtankning innebär att bussarna under tankning står uppställda vid tankningsrampen över natten. Utförligare beskrivning av en eventuell tankstation ges i kapitel 7.

5 Produktion av biogas som drivmedel på Käppalaverket

5.1 Geografisk placering av gasbehandlingsanläggning

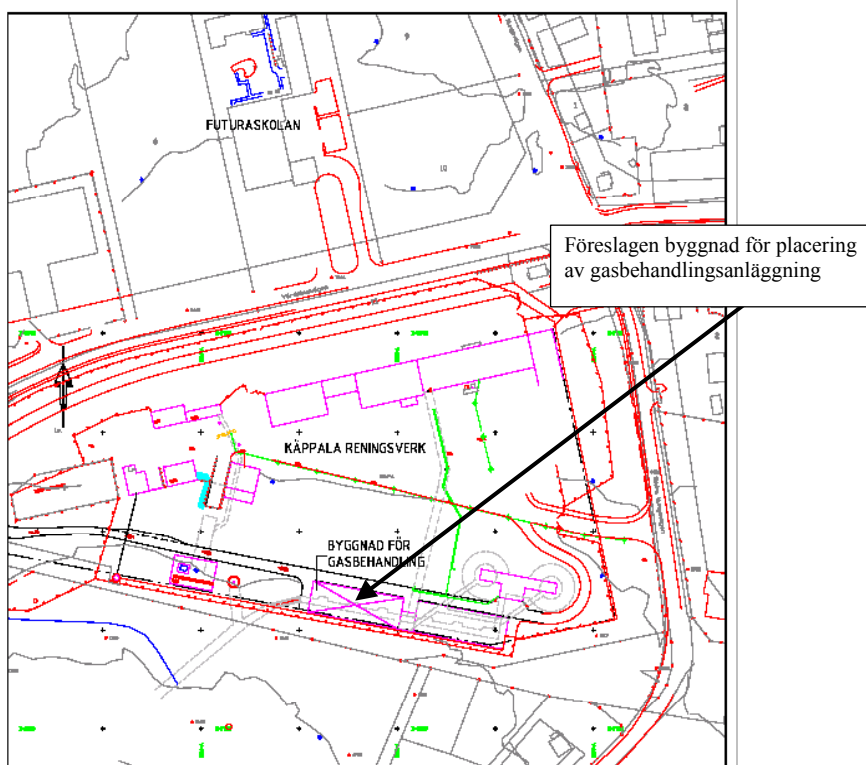
Placering av en gasbehandlingsanläggning föreslås ske på Käppalaverket. Detta motiveras genom att det där finns närhet till den producerade gasen samt övrig nödvändig infrastruktur såsom vägar, vatten och avlopp, el, etc. På Käppalaverket finns dessutom en driftorganisation med kunnig personal på plats med jourtjänstgöring. Samordning mellan gasproduktion och gasbehandling anses också kunna ske på ett optimalt sätt om gasbehandlingsanläggningen placeras på Käppalaverket.

En befintlig byggnad som tidigare använts för slambehandling kan användas för placering av gasbehandlingsanläggningen, se karta samt figur nedan. Byggnaden, som idag inte används, har potential att byggas om för aktuella behov samt är placerad i närhet till gasproduktion och el-anslutning. Byggnaden anses lämplig för gasbehandling oberoende av vald behandlingsteknik.

Placering av en gasbehandlingsanläggning på Käppalaverket anses inte medför några problem med avseende på säkerhetsavstånd till intilliggande skola och daghem. Se beskrivning i kapitel 10.

Om en gasbehandlingsanläggning ska anläggas på en plats utanför Käppalaverket skulle ett överföringsalternativ vara transport av den obehandlade biogasen i en ledning. Gasen måste då först komprimeras (cirka 700 mbar) och avfuktas innan den kan ledas ut på distributionsledningen. Detta innebär att en sådan enhet anläggs på Käppalaverket eller i anslutning till verket vilket är en ytterligare investering. En ledning för obehandlad gas kräver också större dimension vilket medför en större investering. De fördelar som nämns ovan avseende placering av gasbehandlingsanläggning på Käppalaverket föreligger inte på någon annan plats; tillgång till byggnader, infrastruktur och etablerad personal, samt möjlighet till driftsoptimering, etc.

Nedan visas placering av en gasbehandlingsanläggning på Käppalaverket.



Figur 14 Placering av gasbehandlingsanläggning på Käppalaverket



Figur 15 Aktuell byggnad för placering av gasbehandlingsanläggning (höger i bilden)



Figur 16. Byggnad för slambehandling



Figur 17 Byggnad för slambehandling

5.2 Produktionsmetoder

Biogasen ska innan den distribueras till tankningsanläggningen behandlas så att den uppfyller Svensk standard (SS 15 54 38), Motorbränslen – Biogas som bränsle till snabbgående ottomotorer.

För att biogasen ska kunna uppfylla uppställda kvalitetskrav måste den renas, vilket görs genom att koldioxid, svavelväte, vattenånga etc. avskiljs från gasen. Det finns ett stort antal olika processtekniker som kan utnyttjas för detta ändamål. Generellt gäller att processerna är framtagna inom kemiindustrin för andra ändamål men har anpassats för behandling av biogas. Processerna kan delas in i följande huvudkategorier:

- Absorptionsmetoder
- Adsorptionsmetoder
- Membranmetoder

Erfarenheterna från upphandlingar genomförda 1999 och framåt har visat att det inte finns någon enskild teknik som är att föredra. Alla nedan beskrivna system har upphandlats under perioden beroende på lokala förutsättningar, aktuell teknikutveckling samt rådande

intresse från olika aktörer. Slutligt val av teknik bör därför göras först i och med en upphandling.

5.2.1 Absorbtionsmetoder

Absorbktion är den mest använda tekniken för gasrening och innebär att en komponent från en gas tas upp i en vätska. Vid behandling av biogas till drivmedelskvalitet är fysikalisk absorbktion i vatten eller selexol mest fördelaktigt.

Absorbktion utförs i en absorbtionskolonn. I kolonnen arbetar medierna enligt motströmsprincipen vilket innebär att den obehandlade gasen tillförs i botten och den behandlade gasen tas ut i toppen, medan absorbtionsvätskan tillsätts i toppen på kolonnen och tas ut i botten. Kolonnen kan vara fylld med packringar för att på så sätt öka kontaktytan mellan de båda medierna, vatten och gas.

Absorbentvätskan kan regenereras och återanvändas på nytt i processen. Det finns i princip tre olika sätt att regenerera en absorbentvätska; trycksänkning, uppvärmning och avdrivning med inertgas.

5.2.1.1 Tryckvattenabsorbktion

Absorbktion i vatten är den äldsta och en av de mest använda metoderna för avskiljning av koldioxid från biogas. Metoden är mycket lämplig för avskiljning av koldioxid och har även fördelen av att samtidigt avskilja svavelväte, ammoniak och partiklar som vanligtvis finns i biogas. Om halterna av partiklar eller svavelväte är hög bör dock en filtrering av rågasen göras då dessa i oönskad omfattning kan orsaka beläggningar och igensättning i absorbtionskollonen.

Vanligtvis arbetar en s.k. vattenskrubber vid ett konstant tryck inom intervallet 6-25 bar och har en tornhöjd på 5-10 m. Vattenflödet anpassas därefter till vattentemperaturen, gasflödet och rågasens metanhalt samt önskad metanhalt i produktgasen. Den behandlade gasen är efter skrubberprocessen mättad med vatten och behöver därför torkas.

Mindre anläggningar har byggts som genomströmningsanläggningar d v s utan vattenåterföring men större har normalt regenerering i ett eller flera steg och återföring av vatten. Vid lokalisering till ett avloppsreningsverk, eller liknande, med god tillgång på vatten (såväl renvatten som renat avloppsvatten) är dock

genomströmningsanläggningar en möjlighet även i större anläggningar. Genomströmningsanläggningar har en enklare processteknisk utformning och en lägre kostnad.

Koldioxidhalten kan reduceras långt med en vattenskrubber. Metanhalter i produktgasen på 97-99 % är normalt förekommande. Nedan visas en bild på en tryckvattenskrubber.



Figur 18. Tryckvattenskrubber

5.2.1.2 Selexolanläggning

Selexol består av en dimetyleterblandning i vilken koldioxid har en betydligt bättre lösningsförmåga än i vatten, men selexol är dock mer svårregenererad. Selexol löser såväl koldioxid, ammoniak och partiklar som svavelväte och vatten.

Erfarenheterna vid upphandling av gasbehandlingsanläggningarna som byggts i Sverige sedan 1996 är att selexolanläggningarna innebär högre investeringar samt driftskostnader än vattenskrubberanläggningar vid de anläggningsstorlekar som varit aktuella. Selexolanläggningar anses dock ha en rad fördelar som bör kunna resultera i konkurrenskraftiga anläggningar.

En selexolanläggning utformas i princip på samma sätt som en tryckvattenabsorbtionsanläggning. Selexolanläggningar är enkla och tillförlitliga på samma sätt som tryckvattenabsorbtionsanläggningar. De främsta fördelarna jämfört med tryckvattenabsorbtion är bl.a. att vatten avskiljs i processen och att absorptionsförmågan för koldioxid är hög så att anläggningen kan göras liten.

Den främsta nackdelen med en selexolanläggning är användningen av en kemikalie. Användningen måste därför ha ett i stort sett helt slutet system där processen är beroende av en effektiv regenerering av processvätskan.

Metanhalter på >99,9 % och metanförluster på <1-3 % utlovas av leverantören.

5.2.2 Adsorptionsmetod

Adsorption innebär att en komponent från en gas tas upp på ytan av ett fast material. Skillnaden i olika molekylers attraktionskraft till en viss yta utnyttjas för att avskilja exempelvis koldioxid, vatten och svavelväte ur gasen. Ämnenas adsorptionsförmågan ökar med ett ökande tryck. En stor tillgänglig yta med lämpliga egenskaper är avgörande för en effektiv process. Kommersiella adsorptionsmaterial har därför en mycket stor yta per volymenhet.

Vid kontinuerligt arbetande anläggningar utnyttjas flera kolonner för omväxlande adsorption och desorption. Regenereringen, genom desorption, fås genom tryckreduktion, värmetillförsel eller avdrivning med inertgas. Variationer i gaskvalitet erhålls dock över tiden och medför ett behov av utjämningslager.

Adsorptionen utförs i en adsorptionskolonn som är fylld med adsorptionsmaterial och arbetar vid ett tryck mellan 5-10 bar. Den obehandlade gasen förs in i botten och den behandlade tas ut i toppen. När ytan på materialet i kolonnen är mättat kan adsorptionsmedlet regenereras genom att trycket i kolonnen sänks i ett eller flera steg eventuellt med ett vakuumsteg eller att en het gasström leds genom bädden i kolonnen. Förfaringssättet med regenerering genom trycksänkning kallas allmänt för PSA (Pressure Swing Adsorption).

Metanförlusterna är beroende av hur anläggningen och dess regenereringssteg utformas. En av de största leverantörerna uppger dock att de kan leverera system som ger < 2 % metanförluster.



Figur 19. Adsorptionsanläggning

Närmare ett 10-tal adsorptionsanläggningar finns runt om i världen för avskiljning av CO₂ från biogas. Erfarenheterna är goda men kraven på anläggningarna avseende metanseparation har i samtliga fall varit lägre än vad som nu krävs i Sverige. Leverantörerna garanterar idag dessa krav.

5.2.3 Membranseparationsmetoder

Vid membranseparering (omvänd osmos) utnyttjas det faktum att olika molekyler transporteras olika lätt genom ett polymermaterial.

Membranen utgörs av extremt tunna filmer av cellulosacetat eller polysulfon som läggs på ett bärmaterial. Membranen utformas så att stor yta i förhållande till volymen erhålls.

Det finns två olika typer av membran dels de konventionella trycksatta membranerna dels s.k. våtmembran.



Figur 20. Gasbehandling med membran

5.2.3.1 Trycksatta membran

De trycksatta membranerna bygger på principen att rågasen ställs under högt tryck och får passera längs ena sidan av ett membran. På andra sidan membranet är trycket lägre. Tryckskillnaden (differenstrycket) medför att gasmolekyler fastnar (adsorberas) på membranets högtryckssida, transporteras (diffunderar) genom membranet och släpper (desorberas) på lågtryckssidan. Beroende på gasmolekylernas och membranmaterialets egenskaper transporteras olika gaser med olika hastighet genom membranet. Vatten, vätgas, svavelväte och koldioxid transporteras snabbt jämfört med metan.

Membranet arbetar vid höga tryck, 25-75 bar, vilket leder till förhållandevis hög elförbrukning.

Minst ett tjugotal anläggningar av denna typ finns runt om i världen som levererats av 2-3 olika leverantörer. I Sverige har tekniken inte varit aktuell vid någon anläggning.

5.2.3.2 Våtmembran

Tekniken med våtmembran är helt ny för biogastillämpningar. Tekniken utnyttjar liknade membran som tryckmembransystemen. Våtmembranerna arbetar vid låga gastryck cirka 100 mbar på ena sidan

av membranet och med en vätska på den andra sidan. Vätskan tar selektivt upp exempelvis koldioxid eller svavelväte.

Gasbehandlingssystemet har fördelen av att arbeta vid låga tryck, vilket innebär att det inte behövs någon "lågtryckskompressor". Systemet klarar sig med en enkel tryckhöjningsfläkt vilket innebär lägre investeringar, mindre underhåll och lägre elförbrukning.

Tekniken med våtmembran är utprovad och membran serietillverkas idag. Att utnyttja tekniken för behandling av biogas är dock relativt ny och har bland annat utprovats i en pilotanläggning (25 Nm³/h) i Holland. Tekniken uppges dock vara utprovad och Borås har valt att satsa på denna teknik för sin anläggning.

Membrantekniken har flera fördelar. Den arbetar vid lågt tryck, tar liten plats, har inga metanförluster, kan byggas ut successivt och möjligheter att tillvarata koldioxiden kan i större anläggningar ha ett värde.

Nackdelen med tekniken är dels att den är relativt obeprövad dels finns på sikt en risk för igensättning av membranet om gasen innehåller föroreningar. Membranenheterna kan dock rengöras eller bytas ut.

5.3 Kvalitetskrav

Sverige har som enda land i världen en kvalitetsstandard för biogas för fordonsdrift som används på samtliga biogasanläggningar. Anläggningarna ska rena gasen så att den uppfyller standard SS 15 54 38 "Motorbränsle som bränsle till snabbgående ottomotorer". Standarden ger en kvalitetssäkring av biogasen och ett enhetligt, väldefinierat drivmedel.

I standarden finns definierat två kvaliteter, typ A och typ B. Typ A är den högre kvaliteten som har blivit praxis i Sverige. Denna är lämplig för både tunga och lätta fordon.

Biogas producerad för bussar skall följa samtliga parametrar enligt typ A i standarden. SL's biogasbussar som idag är i drift drivs på biogas av typ A kvalitet. Ett utdrag ur standarden presenteras i tabellen nedan.

Uppföljning av de aktuella parametrarna görs kontinuerligt med avseende på metanhalt, vattenhalt, etc.

Tabell 5. Krav på biogas för fordonsdrift (utdrag ur Bilaga A, Standard SS 15 54 38
Motorbränslen – Biogas som bränsle till snabbgående ottomotorer)

Egenskaper	Enhet	Krav Typ A	Krav Typ B
Energiinnehållet uttryckt som Wobbindex _{undre} eller	MJ/m ²	44,7-46,4	43,9-47,3
Metan (Volymhalt vid 273,15 K, 101,325 kPa)	%	97±1	97±2
Motoroktantal (MON) min.		130	130
Tryckvattendaggpunkt vid högsta lagringstryck t = lägsta månadsvisa dygnsmedeltemperatur	°C	t-5	t-5
Vattenhalt, max.	mg/m ³	32	32
Koldioxid + syrgas + kvävgas, (volymhalt), max. därav syrgas (volymhalt), max.	% %	4,0 1,0	5,0 1,0
Total svavelhalt	mg/m ³	23	23
Totalhalt kväveföreningar (exklusive N ₂) räknat som NH ₃	mg/m ³	20	20
Alkoholer		Får ej tillsättas	Får ej tillsättas

5.4 Produktionskapacitet

Generellt gäller att vid en satsning på att behandla gas och utnyttja den som drivmedel bör så mycket som möjligt av gasen utnyttjas som drivmedel för att bästa ekonomi och miljönytta skall uppnås.

Gasbehandlingsanläggningen bör således ges kapacitet att behandla all biogas som kan produceras. Marginalkostnaden för ökad kapacitet inklusive driftskostnader är låg. Gasbehandlingsaggregat finns upp till storlekar kring 1 000 Nm³ per timme och det finns därför anledning att inte planera för större aggregat.

Då tillgängligheten på gas för fordonen är av mycket stor betydelse och det kan vara svårt eller kostsamt att få fram ersättningsgas, vid ett eventuellt driftstopp, anses det lämpligt att planera för två aggregat som vardera har kapacitet att behandla den totala mängden producerad biogas. Denna utbyggnad kan dock eventuell ske etappvis och anpassas efter gas- samt back-upbehov.

Gasbehandlingsanläggningen bör mot bakgrund av nuvarande biogasproduktion på Käppala avloppsreningsverk ges en kapacitet på cirka 850 Nm³ per timme. Därmed kan all gas som normalt produceras behandlas och anläggningen har även en överkapacitet på cirka 20 %.

Om de effektiviseringsåtgärder för slamhanteringen som idag utreds och planeras för kommer att genomförs på ett lyckosamt sätt kan det bli aktuellt att utöka kapaciteten upp till cirka 1 000 Nm³.

5.5 Föreslagen produktionsmetod

Idag utnyttjas ett flertal olika metoder för behandling av biogas på anläggningar runt om i Sverige. De tekniker som bedöms som mest aktuella för en eventuell anläggning vid Käppalaverket är:

1. *Vattenskrubber av typ genomströmningsanläggning baserad på renat avloppsvatten*
 Detta är idag den vanligaste anläggningstypen i Sverige och som har visat sig vara ekonomisk mest fördelaktig i många upphandlingar. Den kräver tillgång till renat avloppsvatten av god kvalitet. Viss risk för påväxt av mikroorganismer i skrubbertornet föreligger och därmed kapacitetsnedsättning/ökat underhåll. Metoden är relativt okänslig för vatten och svavelföreningar i gasen. Finns idag bl a på Henriksdals avloppsreningsverk.
2. *PSA*
 En vanlig gasbehandlingsteknik som inte kräver tillgång till vatten. Teoretisk svårare teknik för att hålla metanhalt och metanförluster på önskad nivå. Känslig för bl a svavelföreningar som minskar absorptionsmaterialets livslängd. Separat svavelavskiljning krävs ofta. Finns idag bl a på Bromma-Åkeshovs reningsverk.
3. *Tryckvattenabsorbtion baserad på KOHAB med ett termiskt regenereringssystem.*

Ett nytt system som enbart finns i Borås. De västenligaste fördelarna är att systemet arbetar vid mycket låga tryck och att avskiljningen av koldioxid sker selektivt dvs utan metanförluster. De största nackdelen är att regenereringen av regenereringsvätska KOHAB kräver stora värmemängder som därmed bör återvinnas och utnyttjas i verket. Vidare krävs en separat avskiljning av bl a svavel och vatten.

Metoderna kan alla anses vara tänkbara för den här aktuella gasbehandlingsanläggningen vid Käppala avloppsreningsverk. En mer detaljerad värdering kan göras i och med att förutsättningarna kring en anbudsförfrågan tas fram och avgörs slutligen i vid en konkurrensupphandling.

6 Överföring av biogas från Käppalaverket till bussdepån

6.1 Alternativa överföringsmöjligheter

För överföring av biogas från Käppalaverket till bussdepån finns tre alternativ. Dessa utgörs av transport av gasen i sjöledning, transport i markledning respektive transport med trailer eller flak. Dessa tre alternativ finns beskrivna i kapitlen nedan.

6.1.1 Sjöledning

I huvudsak förläggs gasledningen som sjöledning längs Lidingö fastland från Käppalaverket till AGA's fabriksområde. Anslutningarna på respektive plats förläggs i mark.

Gasledningen har en total längd på ca 6000 meter. Ledningen, PEM-gasrör 90x8,2 PN 4, läggs på en avjämnad sjöbotten försedd med vikter för att hindra uppflytning.

Total anläggningskostnad för sjöförlagd gasledning beräknas hamna mellan 7 och 10 miljoner kronor.

Alternativet med sjöförlagd gasledning kan beroende på en betydligt längre ledningssträckning och därmed högre anläggningskostnader ej konkurrera med markförlagd ledning.

6.1.2 Markledning

Genomförda kartstudier visar att två alternativa lösningar för planerad gasledning kan vara aktuella nämligen "Lidingötågets bansträckning" och "Styrd bergsborring".

I alternativet Lidingötågets bansträckning lokaliseras gasledningen från Käppalaverket till AGA´s område i huvudsak längs bansträckningen.

Gasledningen som är ca 4500 meter lång placeras i ledningsgrav i anslutning till spårområdet.

Ledning, PEM-gasrör 90x8,2 PN 4, läggs på ett djup av 1,1 m under markytan. Vid passager av vägkorsningar etc placeras ledningen i ett skyddsror.

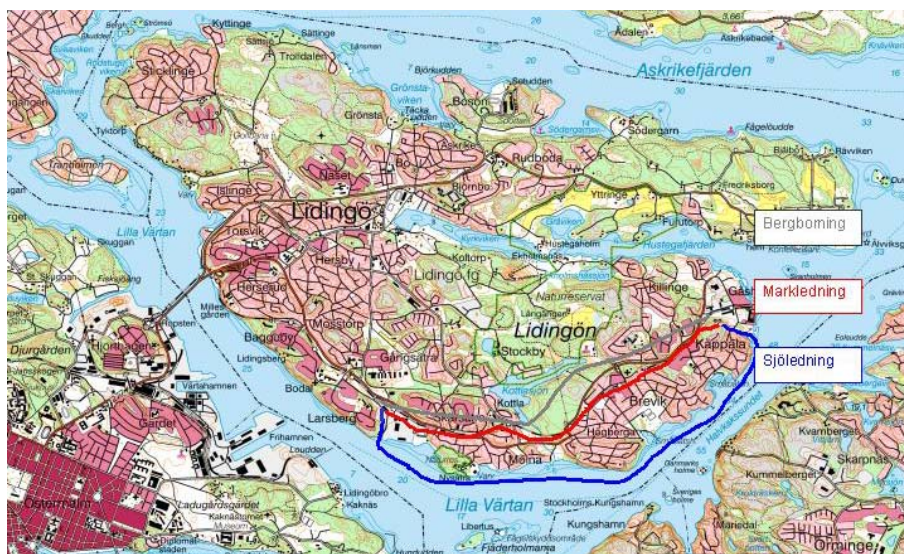
Total anläggningskostnad för alternativet "Lidingötågets bansträckning" beräknas hamna inom häradet 3 till 5,5 miljoner kronor.

Alternativet styrd borring innebär att man borrar ett hål med diametern 90 mm i berget. Tekniskt anläggs en borrhstation varifrån man borrar ca 500 meter åt vardera hållet (totalt ca 4 500m).

Bergets exakta läge i plan och nivå är ej undersökt. Vi vet dock att avloppstunneln till Käppalaverket löper mellan ca 25 och 60 meter under markytan.

Kan man hitta berg på ett rimligt djup under markytan uppskattas anläggningskostnaden för alternativet "Styrd bergsborring" att hamna inom området 13 till 16 miljoner kronor.

De olika ledningsalternativens sträckning redovisas på bild nedan.



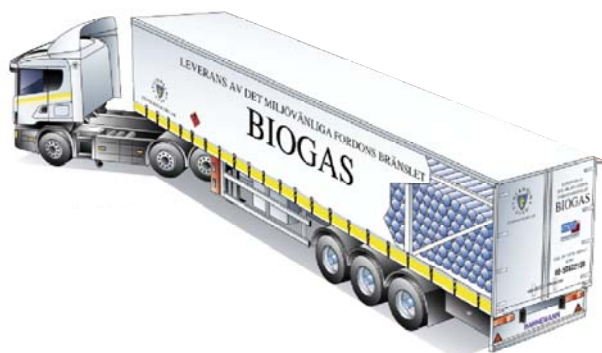
Figur 21. 3 alternativa överföringsmöjligheters preliminära sträckning mellan Käppala Verket och bussdepån vid AGA

6.1.3 Gastrailer och gasflak

Distribution av gas med gastrailer eller gasflak är ett möjligt alternativ till distribution via ledning, men det skulle bland annat innebära en mer kostsam hantering. Dessutom innebär distribution via gastrailer eller gasflak att biogassystemets energieffektivitet och miljönytta minskar.

6.1.3.1 Gastrailer

Ett exempel på en gastrailer visas på bilden nedan, se figur 22. Denna trailer används idag av Stockholm Vatten för olika transporter av gas. I gastrailern på bilden lagras gasen i flaskor, där varje flaska rymmer ca 90 liter (geometrisk volym). Hela trailern kan lastas med en geometrisk volym av upp till 27 m³. Trailern rymmer då totalt 6 000 Nm³ gas vid ett tryck av ca 200 bar.



Figur 22. Maxigastrailer

En uppskattad investeringskostnad för gastrailern är 1,5 miljoner SEK. Utöver detta uppskattas driftskostnaden för att köra gastransporterna till 450 kronor/timme, baserat på uppgifter ifrån Stockholm Vatten.

6.1.3.2 Gasflak

Ett exempel på AGA:s gasflak visas på bilderna nedan, se figur 23 och 24. Flaken är fyllda med 147 flaskor á 50 liter (geometrisk volym). Geometrisk gasvolymen per flak uppgår till 7,35 m³. Vid ett tryck av 200 bar kan då ca 1 900 Nm³ gas lagras per flak. Flaken kör med bilar som kan lasta upp till tre flak åt gången. Det innebär att upp till 5700 Nm³ biogas kan transporteras vid varje transport.



Figur 23. Transport av gas, typ flakmodell.



Figur 24 Gasflaskor på flak.

Enligt uppgifter från AGA uppskattas investeringskostnaden för ett gasflak till 0,5 miljoner SEK. Utöver detta tillkommer sedan kostnader för exempelvis anläggande av uppställningsplats samt driftkostnader för att köra dessa transporter. Enligt uppskattning från AGA uppgår driftkostnaden för att köra gastransporterna till 800 kronor/timme.

6.2 Föreslagen överföringsmetod

Ur en praktisk och teknisk synvinkel är ledningsbunden överföring av gas alltid att föredra vid hantering av större gasmängder. Trailerhantering är endast aktuellt i de fall då en ledning inte rimligen kan etableras och då flexibilitet krävs om en leveranspunkt ska flyttas inom kort eller om gas ska hämtas från olika platser. Trailerhanteringen innebär höga driftkostnader och ställer höga krav på regelmässiga leveranser upprätthålls. Trailerhanteringen innebär även icke önskvärda transporter av farligt gods på vägarna.

En sjöledning från Käppala avloppsreningsverk skulle bli betydligt längre än en markförlag ledning och innebära en rad svåra passager av korsande ledningar vid anläggandet. Detta alternativ beräknas vara betydligt dyrare än en markförlag ledning. Dessutom blir eventuella skador på ledningen svårare att identifiera och åtgärda.

En markförlagd ledning bedöms bli det billigaste alternativet. För överföring av biogas från Käppala avloppsreningsverk till bussterminalen. Den aktuella ledningsträckningen går genom bebyggt område med asfalterade ytor och korsning av vägar, järnväg och ledningspassager. Detta klaras genom en kombination av schaktning och styrd borrhning. Därmed kan ledningssträckningen förläggas i befintliga ledningsstråk i grönområden samt borras under svåra passager.

För etablering av ytterligare en tankstation för allmänhetens och kommunens fordon bedöms trailerbaserad överföring mest lämplig. Det är då frågan om relativt små gasmängder och ett behov föreligger även att kunna få gas från andra anläggningar för att säkerställa tillgången vid tankningsanläggningen.

7 Tankning av biogas som drivmedel

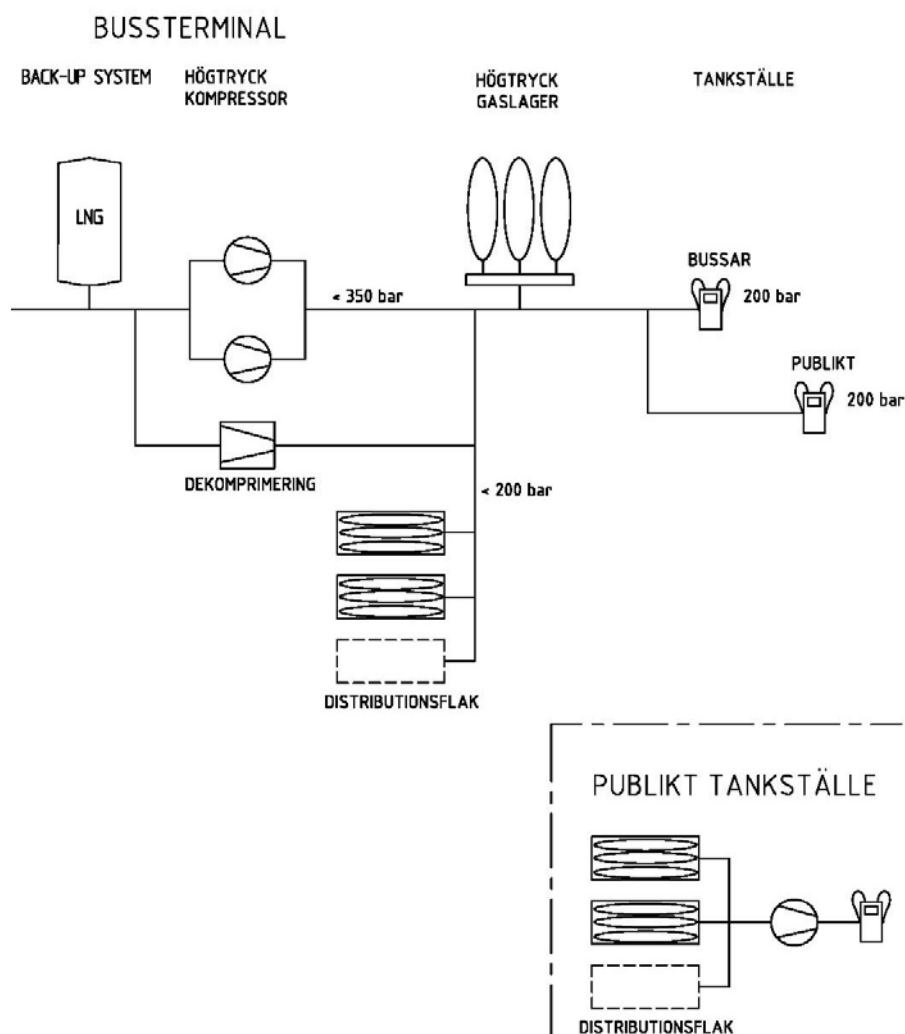
Framtida tankningsplaster för biogas på Lidingö ska täcka behovet för bussflottan, kommunens fordon, privata företag samt allmänhetens behov. Det är av stor vikt att det finns en geografisk närhet till tankningsplatsen från den plats där fordon står uppställda och används.

7.1 Utrustning för tankning av bussar

En schematisk skiss över ett eventuellt system för tankning av biogas visas nedan. Tankningsutrustningen utgörs i princip av:

- Kompressorer
- Gaslager
- Tankningsutrustning
- Ev. gastrailerhantering
- Ev. LNG back-up

Huruvida samtliga delar i systemet nedan byggs ut kan bestämmas längre fram i projektet. Det är även möjligt att bygga på ett befintligt system för till exempel tankning av bussar med externa tankstationer och uppställning av distributionsflak för gas. Skissen nedan beskriver de möjligheter som finns att bygga ett väl fungerande system för tankning av biogas.



Figur 25 Flödesschema tankning vid bussterminal

Biogas produceras kontinuerligt i aktuella röt-kammare varvid biogas också kommer att levereras ut till tankningsanläggningen kontinuerligt dvs. i stort sett dygnet runt. Tankstationens olika delar beskrivs översiktligt nedan.

7.1.1 Kompressorer

Kompressorer ansluter på den inkommande gasledningen och har som uppgift att höja gasens arbetstryck till det tryck som önskas i gaslagret, max 350 bar. Kompressorerna är kontinuerligt övervakade avseende gasläckage, tryck, temperatur och brand. Övervakningen

ra01s 2000-03-30

sker både via ett elektroniskt styrsystem och via ett mekaniskt säkerhetssystem. Hela kompressorutrustningen placeras i ett separat utrymme med tryckavlastning för övertryck som utmynnar utomhus. Se exempel på kompressor nedan.



Figur 26. Exempel på kompressor.

Kompressorerna ska ha kapacitet att komprimera all gas som behandlats. Komprimering sker direkt in i fordonstankar, i högtryckslager eller in i lager på distributionstrailer. Vid en gasbehandlingskapacitet på 850 Nm³ vid Käppala avloppsreningsverk krävs en kompressor som kan behandla upp till 600 Nm³ per timme till aktuellt sluttryck vid tankningsstationen. Tillgängligheten är mycket viktig och här krävs två kompressorlinjer som vardera kan ta det fulla gasflödet. Därmed kan en kompressor stå still medan den andra är i drift.

7.1.2 Gaslager

Efter komprimering lagras gasen i ett gaslager med max. 350 bars arbetstryck. Gaslagret har två uppgifter, dels att tjäna som utjämningsmagasin mellan produktion och konsumtion och dels som "back-up" för ca ett dygns konsumtion om gasleveranserna skulle utebli. Gaslagrets kärl är kontinuerligt övervakade avseende gasläckage, tryck och brand. Övervakningen sker med hjälp av ett

mekaniskt säkerhetssystem, i form av säkerhetsventiler. Gaslagret placeras i ett väderskyddat utrymme med en tryckavlastning för övertryck med evakuering utmynnande utomhus. Figur nedan visar tryckkärl för gaslager.



Figur 27. Tryckkärl för biogas.

Gaslagret har dels en funktion att utjämna skillnaden mellan produktion och tankad gasmängd över dygnet samt att fungera som buffertlager vid produktionsbortfall. För systemet är det bättre ju större gaslager som byggs men utrymme och kostnader brukar begränsa lagret storlek till 1 dygns tankningsbehov. I detta fall skulle det innebära ett gaslager på cirka 9 000 Nm³ motsvarande cirka 25 m³ vid ett maximalt tryck på 350 bar.

7.1.3 Tankningsutrustning

Från gaslagret fylls bussarna med gas via en tankningsutrustning. Dess uppgift är att fylla och övervaka att bussarna fylls med rätt tankningstryck på ett säkert sätt. Hela tankningsprocessen är övervakad med säkerhetssystem så att bussarna inte utsätts för övertryck. Tryckavlastning av munstycken och annan utrustning utmynnar utomhus.

7.1.3.1 Långsamtankning och snabbtankning

Två system används idag för tankning av biogas till bussar, långsam- respektive snabbtankning. Vid långsamtankning är varje buss

uppställd vid ramp och ansluten till var sin tanknings slang under hela natten medan vid snabbtankning sker tankningen under 3-5 minuter ifrån en eller ett par fasta dispensrar vilka kan användas för hela fordonsflottan.

Långsamtankning innebär jämfört med snabbtankning:

- Högre investering då ett antal långsamtankningsplatser normalt sett är dyrare än motsvarande antal snabbtankningsplatser.
- Långsamtankning ställer ofta krav på var och när bussar parkeras så att fyllningssekvenser inte påverkas negativt.
- Långsamtankning har i vissa fall resulterat i ojämn tankning av bussarna där de bussar som stått längst ut på distributionsledningen inte blivit fulltankade.
- Gashanteringen blir utspridd på större yta och kräver att tankning och bussupställningen sker på inhägnat område.
- Elförbrukningen blir total sett något lägre då komprimering i större omfattning kan ske direkt mot busstankarna.
- Troligtvis krävs något mindre gaslager för långsamtankning än för snabbtankning.
- Mindre lämpligt att tanka andra fordon än bussar vid anläggningen



Figur 28. Snabbtankningsdispenser för biogas.

Själva tankningen sker med en dispenser. För att tanka 30-60 bussar är det lämpligt att förse anläggningen med två dispenserar. Därmed kan två bussar ställas upp för tankning samtidigt. Tankning av en buss tar effektivt 3-5 minuter.



Figur 29. Långsamtankning av biogasbussar.

ra01s 2000-03-30

Vid långsamtankning har varje buss ett tankningsmunstycke. Vanligtvis har man tankningsstolpar utefter en ramp som kan hantera 2-4 munstycken beroende på hur bussupställningen är utformad.

7.1.4 Rörsystem

Ovan nämnda tre anläggningsavsnitt, kompressor, gaslager och tankningsutrustning, förbinds sinsemellan av ett rörsystem. Rörsystemet är helsvetsat så långt detta är möjligt. Övriga avsnitt är placerade i en miljö där hänsyn och åtgärder vidtagits för eventuella läckage. Rörsystemet installeras enligt gängse svenska normer och föreskrifter och indelas i avsnitt som vardera isoleras med snabbavstängningsventiler för att minimera omfattningen av eventuella gasläckage.

7.1.5 Biogasbussar

Bussdepån kommer att innehålla 30 - 43 gasbussar. Bussarna hanteras i huvudsak på följande utrymmen; uppställningsplats, verkstad, tvätt och tankningsplats. Bussens tank rymmer upp till 450 Nm³ biogas vid ett gstryck av högst 250 bar. Tanken skyddas mot övertryck vid brand av smältsäkringar vilka eliminerar risken för att tanken brister vid överhettning.

7.2 Placering av tankningsplats för bussar

Vid placering av tankningsplats för bussarna inom depån på Lidingö skall så väl logistiken inom depån som omkringliggande bebyggelse beaktas. Nedan beskrivs dagens situation inom depån samt de planer på förändringar som idag finns för verksamheten inom depån och bebyggelsen runt omkring depån.

7.2.1 Dagens situation

Vid bussdepån på Lidingö finns idag cirka 35 uppställningsplatser för bussar. Depån ägs av SL Infrateknik och drivs av Bussslink. Tankningen av bussflottan sker idag på depån och efter tankning står bussarna uppställda utomhus. Bussdepån anses vara en lämplig depå även för biogasbussar.



Figur 30 Uppställning av bussar inom depån på Lidingö

7.2.2 Planer och utveckling av området under 2005

Inom bussdepån planeras för byggnation av ny tvätthall och rivning av den befintliga tvätthallen, eftersom dagens tvätthall inte klarar kraven på rening av tvättvattnet. Byggarbetet planeras att starta under våren 2005. Den nya tvätthallen placeras där dagens bussar står uppställda. Bussarna kommer istället att ställas upp på motsatt sida av den asfalterade uppställningsplatsen och nu snedställda för att öka det fria utrymmet på ytan. Förändringen medför också fördelar ur rangeringssynpunkt eftersom bussarna slipper köra över spårvägen varje gång de ska tvättas och sedan tillbaka till uppställningsplatsen.

I samband med nybyggnationen av tvätthallen kommer även en tankningsplats anläggas där ett mindre antal bussar kommer att kunna tanka etanol.

Planer på förändringar inom bussdepåns direkta omgivning utgörs bland annat av att matvarukedjan Willys kommer öppna en lågprisbutik strax norr om bussdepån. Öppnandet av mataffären uppges äga rum vid påsk 2005.

7.2.3 Planer och utveckling av området efter 2005

Det finns idag ett program framtaget för en eventuell utveckling av det gamla Dalenumområdet på Lidingö. Området är beläget sydöst om bussdepån. Ambitionen med omvandlingen av området är, enligt programmet för utvecklingen av området, att skapa ett levande område där arbete, boende, friluftsliv och närservice kan förenas. I samband med planeringen av det nya området diskuteras även en ombyggnad av tillfartsvägarna till området. Bland annat planeras anläggandet av en rondell utmed Södra kungsvägen. Planprocessen för utvecklingen av området pågår och programförslaget var utställt under våren och försommaren 2004. Det har också varit möjligt att debattera förslaget via stadens hemsida. I detta skede befinner sig planprocessen idag och det är därför svårt att bedöma när ett eventuellt utbyggande kan komma att bli aktuellt. Se en illustration av planerna för Dalenum området nedan.



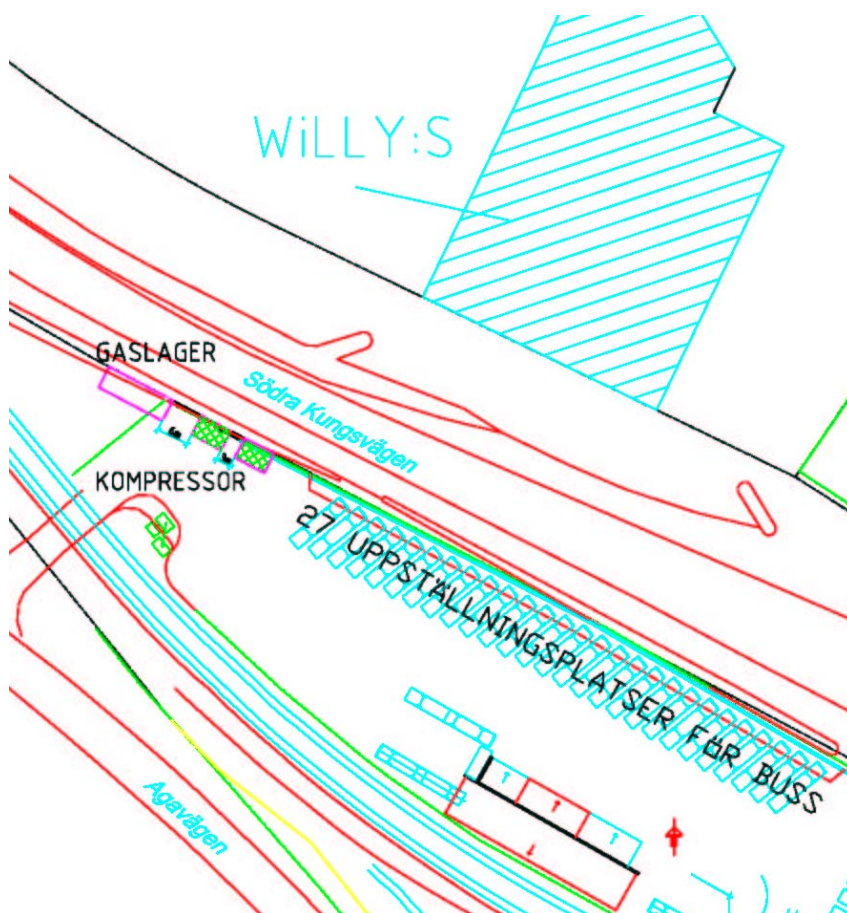
Figur 31. Fastighetsägarnas illustration vilket visar ett förslag till möjlig utveckling av Dalenumområdet (Program för utveckling av Dalenumområden, februari 2004, Lidingö Stad)

7.2.4 Föreslagen placering

Tankningsmomentet utförs i kombination med städning och övrigt underhåll på bussen. Att köra bussarna och tanka på annan plats än vid depån innebär en stor kostnad och anses inte vara ett realistiskt

alternativ för SL. Den nya tankstationen för biogas föreslås därför förläggas på depån. I det fall bussarna tankas på biogas via snabbtankning föreslås den nya biogasdispensern placeras i anslutning till den befintliga dispensern. Detta för att underlätta logistiken inom depån. I det fall bussarna kommer att tankas med biogas genom långsamtankning förläggs tankningsmunstyckena till uppställningsrampen där bussen står uppställd under natten.

Placeringen av kompressorer och gaslager för tankstationen presenteras i figuren nedan. Placeringen föreslås utifrån säkerhetssynpunkt samt närhet till tankningsplatsen.



Figur 32. Föreslagen placering av kompressorer och gaslager inom bussdepån på Lidingö.

7.3 Placering av publik tankningsplats

Lidingö stads fordon, exempelvis hemtjänstens bilar, står idag parkerade vid stadshuset. Renhållningsfordonen däremot står uppställda vid Stockby, vilket är beläget öster om Lidingö centrum. En publik tankstation för biogas placeras med fördel i närheten av där många fordon passerar samt till redan befintliga tankstationer. Utifrån uppgifter från Lidingö stad skulle placeringar av biogastankstationer till redan befintliga bensinstationer förslagsvis kunna placeras på följande platser:

- Den befintliga Hydromack som idag ligger ca 100-200 meter från bussdepån. Fördelen med denna placering är framför allt närheten till tankstationen på bussdepån. I och med att lågpris-mat-affären Willys har öppnat i närheten samt de planerna som finns på att bygga ut Dalenum området bedöms macken utgöra en strategiskt bra placering för tankning av biogas för Lidingö stads samt privata fordon.
- Den befintliga OKQ8 mack vid Drottningvägen. Denna tankstation ligger strategiskt och centralt placerad för trafik som åker till och från Lidingös centrala och södra delar.
- Den befintliga OKQ8 mack som ligger på Islingehamnväg, vilken utgör en strategiskt bra placering för trafik som åker till och från Lidingös norra delar.

En tankningsplats för personbilar skulle under förutsättning att utrymme ges även kunna placeras i direkt anslutning till bussdepån.

8 Tillgänglighet

Tillgängligheten av CBG är i detta fall av mycket stor betydelse. En gasbristsituation innebär väsentliga problem och olägenheter då busar och andra fordon inte kan förse med drivmedel.

System byggs därför upp för att garantera en mycket hög tillgänglighet. Tillgången och tillgängligheten på rågas är mycket stor och nära 100 % . Gassystemet byggs sedan upp med två redundanta linjer dvs en enhet kan stå still medans en annan kan utföra erforderligt arbete. Normalt ska därmed full leverans kunna garanteras. Tillfälliga störningar eller nedgång i gasproduktionen kan därutöver klaras med hjälp av gaslagret.

Vid större störningar eller nedgång i gasproduktionen finns möjlighet att transportera gas med trailer till gaslagret från andra biogasanläggningar som exempelvis Linköping, Västerås, Eskilstuna Uppsala, Bromma och Henriksdal.

Utöver detta finns möjligheter att etablera ett lager för flytande LNG som nyttjas som akutlager vid uppkommen bristsituation.

Ett komplett utbyggt system enligt ovan ger en mycket hög tillgänglighet, i stort sett 100%.

9 Miljö

Riksdagen och regeringen har beslutat att den svenska transportpolitiken ska vägledas av ett övergripande mål och sex delmål. Delmål nummer sex omfattar miljö och definieras enligt följande:

”Transportsystemets utformning och funktion ska anpassas till krav på en god och hälsosam livsmiljö för alla, där natur- och kulturmiljön skyddas mot skador. En god hushållning med mark, vatten och andra naturresurser ska främjas”.

Enligt Statens Institut för Kommunikationsanalys, SIKA, är utvecklingen mot detta delmål negativ med avseende på klimatpåverkan och buller, medan utvecklingen däremot är svagt positivt med avseende på luftföroreningar.

Vad det gäller lokaltrafik har Svenska Lokaltrafikföreningens (SLTF) i sitt miljöprogram för 2004 bedömt att följande aspekter är mest betydelsefulla och bör därför prioriteras i miljöarbetet:

1. Bussars utsläpp av partiklar
2. Bussars utsläpp av kväveoxider
3. Förbrukning av fossila bränslen och de climateffekter som uppkommer därav.

Utifrån prioriteringarna rekommenderas följande 3 miljömål:

Mål 1: Medelutsläpp för partiklar från busstransporter ska år 2005 motsvara lagkravet för nya bussar från år 2006, 0,02 g/kWh

Mål 2: Medelutsläpp för kväveoxider från busstransporter ska år 2008 motsvara lagkravet för nya bussar från år 2006, 3,5 g/kWh

Mål 3: Kollektivtraffikens användning av icke förnyelsebara bränslen ska kontinuerligt minska. Delmål för 2010 är att användningen ska vara max 0,18 kWh/pkm.

9.1 Emissioner till luft

Fordonsavgaser innehåller en mängd olika kemiska föreningar som påverkar miljön på en global, regional och lokal nivå.

Växthuseffekten är ett *globalt miljöproblem* som främst beror på ökade koldioxidutsläpp. Vägtransporter i Sverige svarar för en fjärdedel av de svenska koldioxidutsläppen från fossila bränslen. Enligt Kyotoprotokollet från december 1997 måste växthusgasutsläppen minska i genomsnitt 5,2% till år 2012 jämfört med 1990 års nivåer.

Den *regionala miljön* påverkas av transportaktiviteter genom försurning och marknära ozon. Orsaken till försurningen är utsläpp av svaveldioxid (SO₂) och kväveoxider (NO_x). Ozon (O₃) vid marknivån är skadligt för människor och vegetation. Marknära ozon bildas genom en reaktion mellan kolväten och kväveoxider (som släpps ut från fordon), under inverkan av solljus.

Den *lokala miljön* påverkas av transportaktiviteter genom luftföroreningar som bidrar till försämrad hälsa för människor. I tätorter är biltrafiken den största källan till luftföroreningar som beräknas orsaka mellan 300 och 2000 cancerfall i Sverige varje år. Utsläpp från vägtrafiken är den främsta källan till att luftkvaliteten inte är godtagbar i tätortsmiljöer, t. ex. inom tullarna i Stockholmsstad. Nedanstående tabell (tabell 6) visar en kortfattad sammanfattning av emissioners lokala hälsoeffekter.

Tabell 6 Emissioners lokal effekt.

Emission		Hälsoproblem	Bidraget från vägtransport*
Svaveldioxid	SO ₂	Astmabesvär, kronisk bronkit	2%
Kvävedioxid	NO ₂	Andningsproblem, astmabesvär	40%
Sot och partiklar	PM	Luftvägsbesvär, lungfunktionsnedsättning, cancer (mest från dieselavgaser)	20%
Kolmonoxid	CO	Minskning av blodets syreupptagande förmåga, påverkan av det centrala nervsystemet samt hjärt- och kärlsystemet	80%
Ozon	O ₃	Irritation av luftvägar, ögon och slemhinnor	
Kolväten	HC	Cancer och andra genotoxiska effekter (påverkar arvanlag)	28%

* av totalt utsläpp i landet

Korrosion och vittring av material är en effekt från nästan samtliga ovanstående emissioner.

Nivån av luftemissionerna är kopplade till:

- bränsleförbrukning
- bränslekvalitet
- förbränningsteknik
- reningsteknik

Partikelbildning och SO₂-nivån är främst beroende av bränslekvalitet. Motorutformning påverkar partikelbildning medan kolväten, kolmonoxid och kväveoxid är beroende av den förbränningsteknik som används. För att minska utsläppen krävs insatser av så väl motortillverkare som oljeproducenter. I Sverige levereras idag nästan bara diesel av miljöklass 1 (MK1) vilket innehåller max 10 ppm svavel. Detta har bidragit till att SO₂-utsläppet från vägtransporter utgör endast 2 % av det totala utsläppet.

9.1.1 Lagkrav

Ofta används begreppet EURO för att beteckna en avgaskravnivå. Det hänvisar till EU-kraven för utsläpp av kväveoxider, partiklar, kolväten och kolmonoxid. Det är ett sätt att säga att en motor motsvarar vissa lagkrav. Lagkraven med avseende på dieselmotorer

för tunga fordon har skärpts flera gånger de senaste åren, senast år 2001. Det finns inget gränsvärde för CO₂. I tabell 7 återfinns gränsvärden för NO_x, PM, HC och CO.

Tabell 7 Gränsvärden.

Lagkrav och gränsvärden					
	Lag från	NO _x g/kWh	PM g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh
R49.00	1982	18	-	3,5	14
Euro 0	1990	14,4	-	2,4	11,2
Euro 1	1993	8,0	0,36	1,1	4,5
Euro 2	1996	7,0	0,15	1,1	4,0
Euro 3	2001	5,0	0,1	0,66	2,1
Euro 4	2005-2006	3,5	0,02	0,46	1,5
Euro 5	2008	2,0	0,02	0,46	1,5
EEV**		2,0	0,02	0,25	1,5

**EEV: Environmentally Enhanced Vehicle

9.1.2 Emissioner till luft från biogasbussar

Genom att använda ett icke-fossilt bränsle bidrar inte biogasdrivna bussar till växthuseffekten. Koldioxiden som släpps ut kommer från ett förnyelsebart bränsle och ingår därmed i det ekologiska kretsloppet. Totalt sett innebär detta att en ökad användning av biogas minskar växthuseffekten. Detta tack vare att metan som annars skulle läckt ut från t ex gödselstackar, soptippar och reningsverk istället kan användas som bränsle.

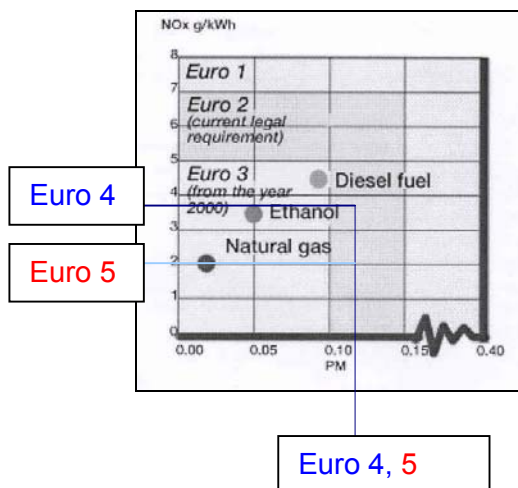
En gasbuss förbrukar i runda tal 6 Nm³/mil. Räknat per energienhet innebär det ungefär 10 % mer bränsle än en dieselbuss. Avgaserna från en biogasdriven buss innehåller mycket låga halter av skadliga ämnen. Det beror i första hand på bränslets sammansättning. Biogas består till mer än 97% av metan – ett giftigt kolväte, som när det förbränns främst bildar koldioxid och vatten.

Enligt bussleverantörer, klarar metandrivna bussar redan Euro 4 (2005-2006) och även Euro 5 (2008) nivåerna för NO_x och partiklar. Enligt SLFTs (Svenska Lokaltrafikföreningen) värden som används i föreliggande kalkyl, klarar biogas- och naturgasdrivna fordon Euro 4 med 3,0 g/kWh NO_x och 0,02 g/kWh partiklar.

För CO och HC, är emissionerna lägre än Euro 5 krav (tillverkarna hävdar 0,2 g/kWh för CO och 0,3 g/kWh för CH), dvs. gasbussar som

tillverkas idag klarar EEV kraven (Environmentaly Enhanced Vehicle), se tabell 7.

Figur 33 Olika bränsles utsläppnivåer av NOx och partiklar jämfört med EU normer.



En jämförelse mellan gasmotor och en dieselmotor, båda med oxiderande katalysator, visar att gasmotorn ger ca 65% lägre utsläpp av kväveoxider och minst 80% lägre utsläpp av partiklar. Utsläppen av koldioxid är ungefär lika låga för båda alternativen. När det gäller kolväten ger gasmotorn något högre emissioner. Dessa kolväten utgörs dock till minst nio tiondelar av oförbränd metan. Till skillnad från kolväten som finns i dieselavgaser är metan en mycket stabil kemisk förening som inte gärna reagerar med andra ämnen. Den bidrar därför inte i någon större utsträckning till bildandet av marknära ozon. De extremt låga utsläppen av partiklar medför minskad hälsorisk och mindre nedsmutsning. Biogas har även andra fördelar. Den innehåller t ex praktiskt taget inget svavel, som förutom att det har negativa hälsoeffekter också försurar mark och vatten samt angriper byggnadsverk.

Tabell 8 sammanfattar utsläppsvärdena som används i beräkningarna vid uppskattning av utsläpp från diesel- och gasbussar. Dieselbussar antas vara utrustade med katalysator.

Tabell 8 Utsläppsvärden för diesel-, och gasbussar.

	Lag från	Introduktion	NOx ⁽¹⁾ g/kWh	PM ⁽¹⁾ g/kWh	HC ⁽²⁾ g/kWh	CO ⁽²⁾ g/kWh
Diesel						
R49.00	1982	till 1986	18	-	3,5	14
Euro 0	1990	från 1987 till 1990	10,8	0,29	2,4	11,2
Euro 1	1993	1991	8	0,36	1,1	4,5
Euro 2	1996	1993	6,3	0,1	1,1	4
Euro 3	2001	1999	4,7	0,07	0,2 ³⁾	0,6 ³⁾
Euro 4	2005-2006	Från ca 2006	3,5	0,02	0,46	1,5
Euro 5	2008	Från ca 2008	2	0,02	0,46	1,5
Naturgas/biogas			3	0,02		
EEV-fordon ⁴⁾			2	0,015		

NOx g/kWh	PM g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh
2	< 0,01	0,4	0,02

⁽¹⁾ Utsläppsvärde enligt Bilaga till SLTFs miljöprogram 2004. Beräkningsanvisningar, tabell 8.3, s.23

⁽²⁾ Utsläppsvärde enligt lagkrav

⁽³⁾ Utsläppsvärde, Volvo diesel (DH 12, 340 hk), Buses for natural and biogas, VOLVO

HC: NMHC= 0,00 g/kWh ; CH4= 0,4 g/kWh

⁽⁴⁾ Environmentaly Enhanced Vehicle

Gasfordon sålda efter 1 oktober 2001 får räknas som EEV-fordon enligt SLTFs miljöprogram 2004.

9.2 Uppskattning av emissioner till luft vid införande av biogasbussar

De 30 bussar som idag finns vid depån på Lidingö har ett trafikarbete av 1.914.000 utbudskm per år eller 6380 mil/buss/år. Om Lidingöbanan läggs ner, bedöms ytterligare 828.000 utbudskm tillkomma eller 13 bussar à 6380 mil/buss/år (baserat på uppgifter från SL).

För att uppskatta miljöpåverkan utifrån införandet av biogasbussar studeras följande 3 scenarier.

- I det första scenariot antas att 30 gasbussar introduceras och ersätter motsvarande antal dieseldrivna bussar.
- I det andra scenariot används det första scenariot som utgångspunkt samt en introduktion av ytterligare 7 gasbussar. Detta scenario bygger på att uppställningsplatserna på den befintliga depån utnyttjas fullt ut. Faktorer som kan komma att

påverka antalet bussar på depån är bland annat en eventuell nedläggning av Lidingöbanan eller ett införandet av billtullar.

- För det tredje scenariot antas att 80% av den producerade biogas används som fordonsbränsle.

För varje alternativ uppskattas årsutsläppen av NO_x, partiklar, CH och CO (baserat på en körsträcka av 6380 mil/år och buss). SLTFs nivåer för utsläpp av NO_x och partiklar används för diesel- och gasbussar. För utsläppsnivåer av CH och CO används lagkravnivåer för diesel och Volvos broschyr "Buses for Natural Gas and Biogas" för biogas.

● **Scenario 1: 30 bussar**

Steg 1.0: idag
30 st. dieseldrivna bussar
(19 st. Euro 0, 7 st. Euro2 och 3 st. Euro3)

Steg 1.1: projektets förslag
30 biogasbussar – 1,34 MNm³/år

● **Scenario 2: 37 bussar**

Steg 2.0: idag
37 dieseldrivna bussar
(med samma procentuella fördelning mellan Euro 0, 2 och 3 som i scenario 1)

Steg 2.1: projektets förslag
37 biogasbussar – 1,65 MNm³/år

● **Scenario 3: 80% av biogasen används som fordonsbränsle**

Steg 3.0: idag
50 dieseldrivna bussar
(med samma procentuella fördelning mellan Euro 0, 2 och 3 som idag)
dessutom 5 dieseldrivna sopbilar och Lidingö Stads dieseldrivna fordon

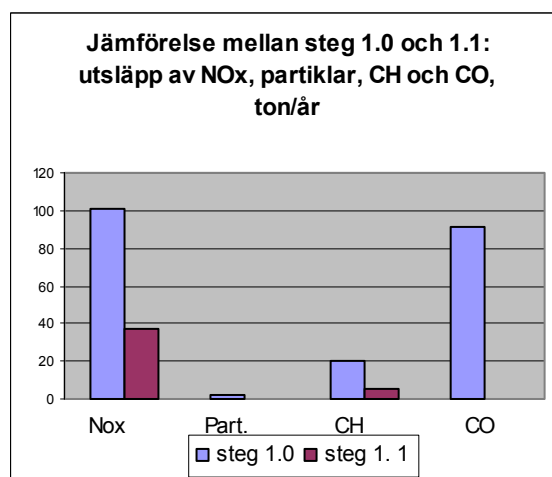
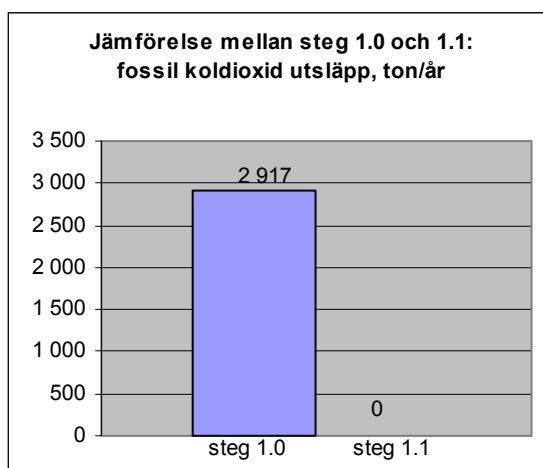
Steg 3.1: projektets förslag
50 biogasbussar – 2,23 MNm³/år
5 biogasdrivna sopbilar – 0,05 MNm³/år
Lidingö Stads biogasdrivna fordon – 0,05 MNm³/år
Totalt: 2,33 MNm³ biogas/år

Resultat av uppskattningen redovisas i tabellerna 9, 10 och 11 samt i figurerna 34, 35 och 36.

● **Scenario 1: 30 bussar**

Tabell 9 Uppskattning av utsläpp för scenario 1

			CO ₂ ton/år	NOx ton/år	PM ton/år	CH ton/år	CO ton/år
Steg 1.0	dieseldrivna bussar	30	2 917	100	2,4	20,3	91,0
	Tot. steg 1.0	30 bussar	2 917	100	2,4	20,3	91,0
Steg 1.1	CBG bussar	30	0	38	0,3	5,0	0,3
	Tot. steg 1.1	30 bussar	0	38	0,3	5,0	0,3
Skillnad mellan steg 1.0 och steg 1.1			2 917	63	2,2	15,3	90,8

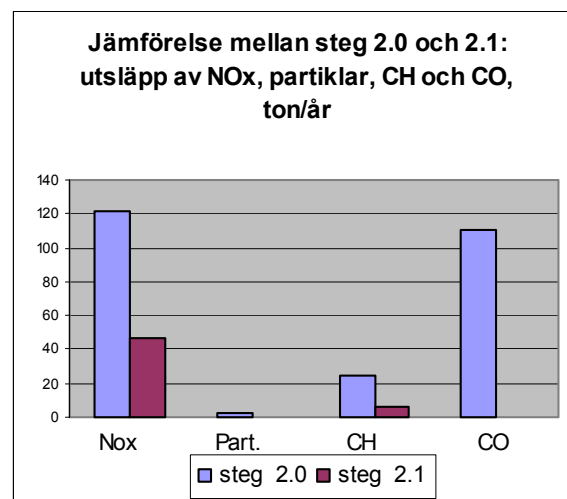
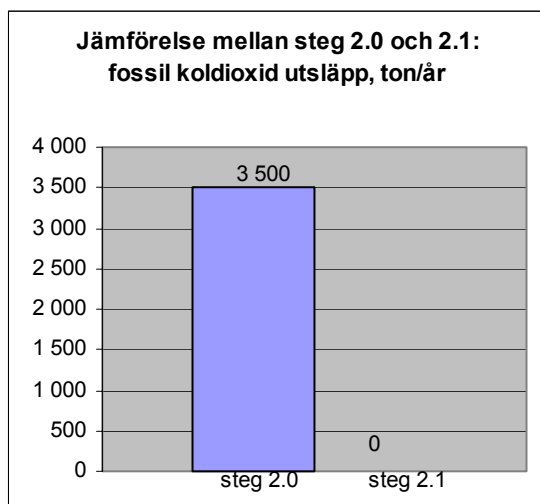


Figur 34 Miljöpåverkan från utsläpp för scenario 1: steg 1.0 och 1.1

● **Scenario 2: 37 bussar**

Tabell 10 Uppskattning av utsläpp för scenario 2.

			CO ₂ ton/år	NOx ton/år	PM ton/år	CH ton/år	CO ton/år
Steg 2.0	dieseldrivna bussar	37	3 500	121	2,9	24,7	110,8
	Tot. steg 2.0	37 bussar	3 500	121	2,9	24,7	110,8
Steg 2.1	CBG bussar	37	0	46	0,3	6,2	0,3
	Tot. steg 2.1	37 bussar	0	46	0,3	6,2	0,3
Skillnad mellan steg 2.0 och steg 2.1			3 500	75	2,6	18,5	110,5

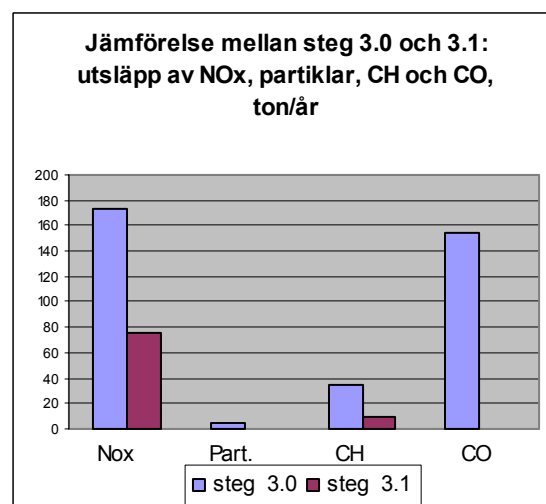
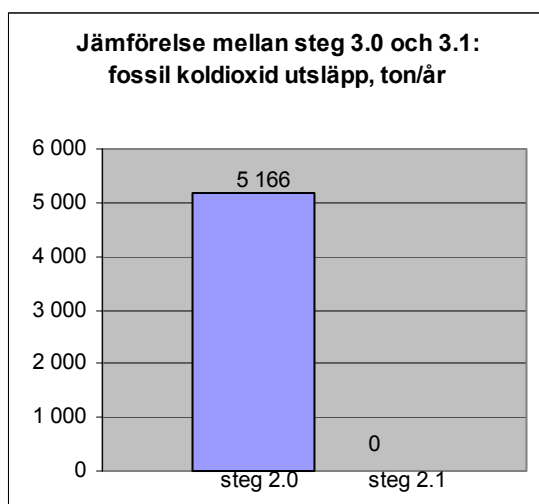


Figur 35 Miljöpåverkan från utsläpp för scenario 2: steg 2.0 och 2.1

Scenario 3: 80% av biogasen används som fordonbränsle

Tabell 11 Uppskattning av utsläpp för scenario 3.

			CO ₂ ton/år	NOx ton/år	PM ton/år	CH ton/år	CO ton/år
Steg 3.0	dieseldrivna bussar	50	4 862	164	3,9	32,5	145,6
	dieseldrivna sopbilar	5	152	5	0,1	1,0	4,6
	diesel tunga fordon (Lidingö)	5	152	5	0,1	1,0	4,6
	Tot. steg 3.0		5 166	174	4	35	154,7
Steg 3.1	CBG bussar	50	0	63	0,4	8,3	0,4
	CBG sopbilar	5	0	6	0,0	0,8	0,0
	CBG tunga fordon (Lidingö)	5	0	6	0,0	0,8	0,0
	Tot. steg 3.1		0	75	1	10	0,5
Skillnad mellan steg 3.0 och steg 3.1			5 166	99	3,7	24,5	154,2



Figur 36 Miljöpåverkan från utsläpp för scenario 2: steg 2.0 och 2.1

Vid införandet av biogasdrivna bussar minskar det fossila koldioxidutsläppen till en nollnivå, dvs. man undviker att släppa ut ca 2900, 3500 respektive 5166 ton CO₂/år för respektive scenario. Dessutom mer än halveras utsläppen av NO_x och utsläpp av partiklar reduceras med en faktor 8 till 10.

Biogas är främst ett lämpligt fordonbränsle för lokala och regionala transporter i och ikring städer och tätorter. Där kan en ökad andel av EEV-fordon som biogasdrivna fordon ge positiva effekter på både hälsa och miljö.

9.3 Buller

Buller, emissioner av ljud, definieras som icke önskvärt ljud och orsakas bland annat av trafiken. Förutom direkta hörselskador kan buller ge stressymptom som förhöjt blodtryck, ökad hjärtfrekvens, sömnsvårigheter, koncentrationssvårigheter, huvudvärk och allmän trötthet.

Bullernivåer mäts i dBA som anges med en logaritmisk skala vilket innebär att en ökning med tre enheter i realiteten är en fördubbling av bullernivån. Alltså är 80 dBA en dubbelt så hög bullernivå som 77 dBA.

På senare år har buller från vägtrafik uppmärksammas som en alltmer betydelsefull miljöfråga. Var 8:e svensk anser sig vara mycket störd av trafikbuller. Antalet bullerstörda personer fortsätter att öka med ökande trafik, enligt SIKAs Uppföljning av det transportpolitiska målet och dess delmål från Maj 2004.

Fordonsbuller består av motorljud, vägbaneljud samt ljud från luftmotståndet. Vid högre hastigheter dominerar buller från vindbrus, däck och vägbana (för det bullret finns inga bestämmelser). Redan vid en hastighet av 40-50 km/h hos personbilar och 60-70 km/h hos lastbilar överröstar detta buller motorljudet. I stadstrafik där hastigheterna är begränsade är motorbulleremissioner dock viktiga att ta hänsyn till för en förbättrad stadsmiljö.

Buller regleras i lag likaväl som andra emissioner. Det finns bestämmelser för vad som är högsta tillåtna ljudnivå från bilen, främst gäller det motorn och framdrivningsmekanismen.

Följande gränsvärden för bulleremissioner gäller (enligt färdbullerdirektivet 70/157/EEC med gällande tillägg):

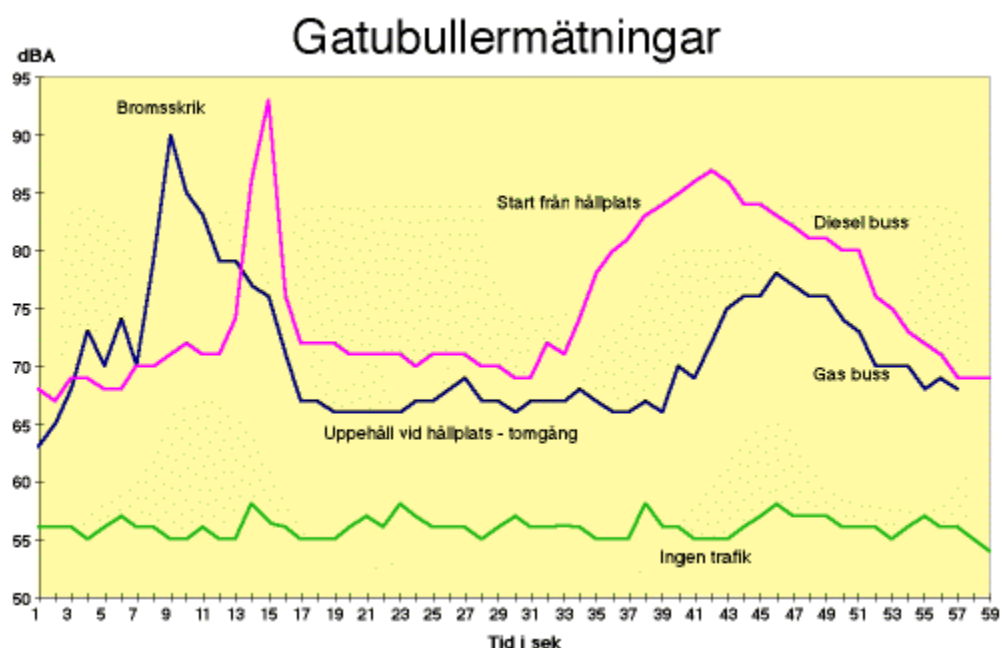
- årsmodell 1988	86 dB
- årsmodell 1989-1992	83 dB
- årsmodell 1993-1996	80 dB
- årsmodell 1997-2000	78 dB
- årsmodell 2001-	77 dB

De bussar som vanligtvis ersätts först är de äldsta i SL-flottan. De tillverkades före 1988 och utgör också bussar som orsakar mest buller. Att ersätta dem med nyare bussar är alltså positivt ur

bulleremissionssynpunkt eftersom gränsvärdena är mycket lägre idag än för ca 15 år sedan.

Tillverkare av gasdrivna bussar hävdar att bussarna har bulleremissioner som ligger under dieselbussarnas nivåer.

En studie utförd i Malmö visar även en minskning av bulleremissioner med mer än 10 dBA jämfört med dieselmotorer, dvs. en 50% -tig reducering av motorbuller. Se även figur 37.



Figur 37 Gatubullermätningar.

De värderingar som idag finns tillgängliga av trafikbuller utifrån en ekonomisk synvinkel (ca 6780 kr/utsatt/år vid 70 dBA, 11920 och 16220 kr/utsatt/år vid 73 resp 75 dBA, SIKA Rapport 2002:11) är svåra att använda för enbart bussar eftersom gatubuller består av buller ifrån såväl bussar som från andra fordon.

En gasmotor har, tack vare att kompressionen endast är hälften så hög som för en dieselmotor, mycket mindre vibrationer och mycket mindre så kallat lågfrekvent avgasljud. Det är dessa bulleremissioner som orsakar mest problem för boende runt gatorna där bussarna passerar, eftersom detta buller går in i husen via grund och väggar och är därför mycket svårt att isolera bort. Dessa fördelar gör gasdrivna bussar speciellt lämpliga för stadstrafik.

9.4 Miljöaspekter på produktion och distribution

Transportsektorn påverkar inte bara miljön direkt via utsläppen vid fordonsdrift utan också redan vid produktion och distribution av bränslet. Här redovisas miljöaspekter för scenario 1, 2 och 3.

Kommunikations Forsknings Beredningen (KFB) -Meddelande 1997:5 (Livscykelanalys av drivmedel) redovisar utsläppsekvivalenter för olika drivmedel. Denna studien tar fram schablonmässiga utsläpps siffror med avseende på produktion och transport av råvaran (med dieseldrivna fordon) samt förädling av bränsle. Baserad på denna studien redovisar tabell 12 utsläpp per mil för både diesel- och biogasdrivna tunga fordon.

Tabell 12 Utsläppsekvivalent för diesel och gas.

		Diesel	CBG
Fossil CO₂	g/mil	479	122
CO	g/mil	0,29	0,09
NOx	g/mil	4,33	0,39
NMHC	mg/mil	4527,60	138,60
SOx	mg/mil	2648,80	200,20
Part	mg/mil	154,00	30,80

Källa: KFB-Meddelande 1997:5

NMHC: Non Methane Hydro-Carbone

• Scenario 1: 30 bussar

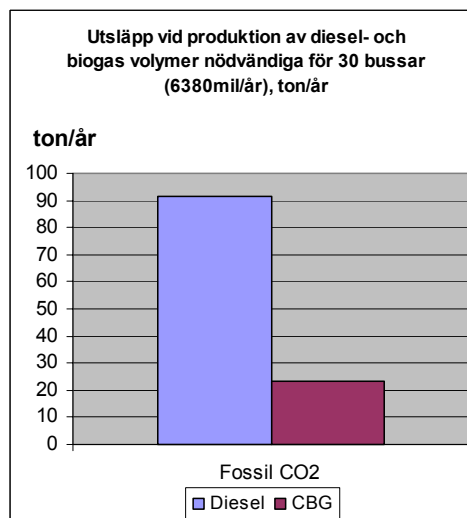
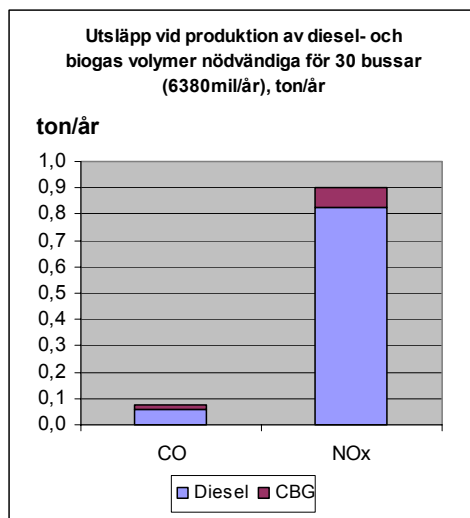
Utsläpp vid produktion av diesel- och biogasvolymen nödvändiga för 30 bussar (6380 mil/buss, år):

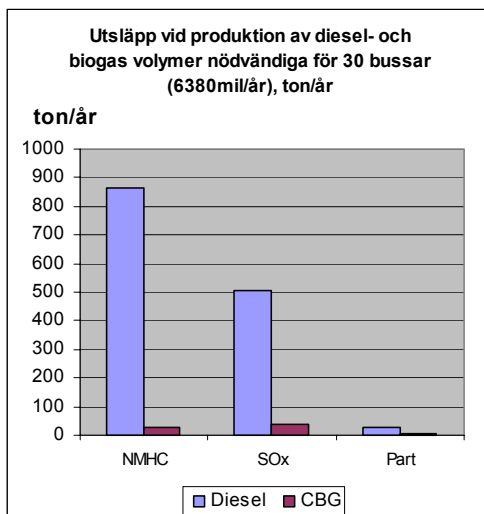
Tabell 13 Utsläpp från diesel och gas.

		Diesel	CBG
Fossil CO₂	ton/år	92	23
CO	ton/år	0,1	0,02
NOx	ton/år	0,8	0,07
NMHC	kg/år	867	27
SOx	kg/år	507	38
Part	kg/år	29	6

Källa: KFB-Meddelande 1997:5

NMHC: Non Methane Hydro-Carbone





Figur 38 Utsläpp vid produktion av diesel och gas.

• **Scenario 2: 37 bussar**

Utsläpp vid produktion av diesel- och biogasvolymer nödvändiga för 37 bussar (6380 mil/buss, år):

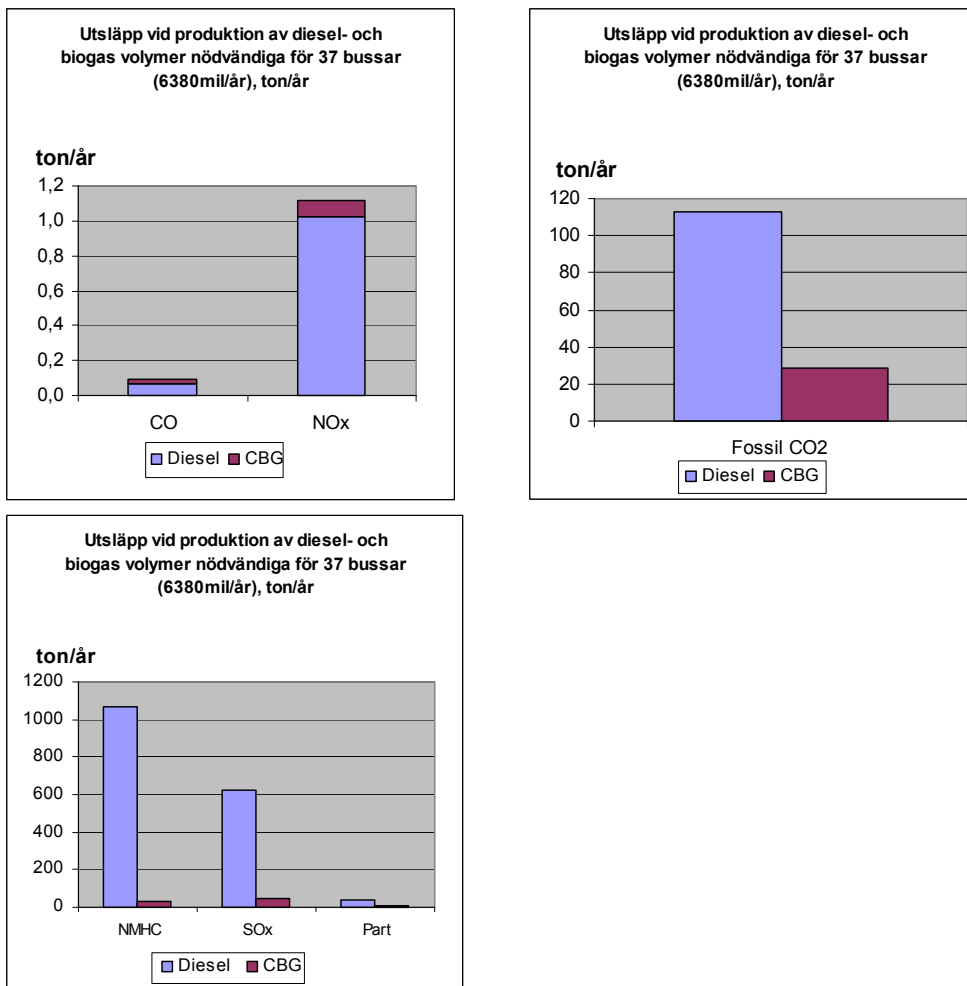
Tabell 14 Utsläpp från diesel och gas.

		Diesel	CBG
Fossil CO₂	ton/år	113	29
CO	ton/år	0,1	0,02
NOx	ton/år	1,0	0,09
NMHC	kg/år	1069	33
SOx	kg/år	626	47
Part	kg/år	36	7

Källa: KFB-Meddelande 1997:5

Källa: KFB-Meddelande 1997:5

NMHC: Non Methane Hydro-Carbone



Figur 39 Utsläpp vid produktion av diesel och gas.

• **Scenario 3: 80% av biogasen används som fordonbränsle**

Utsläpp vid produktion av diesel- och biogasvolymerna nödvändiga för att försörja 50 bussar (6380mil/buss, år), 5 sopbilar (2000 mil/fordon, år) och 5 tunga fordon (2000 mil/fordon, år)

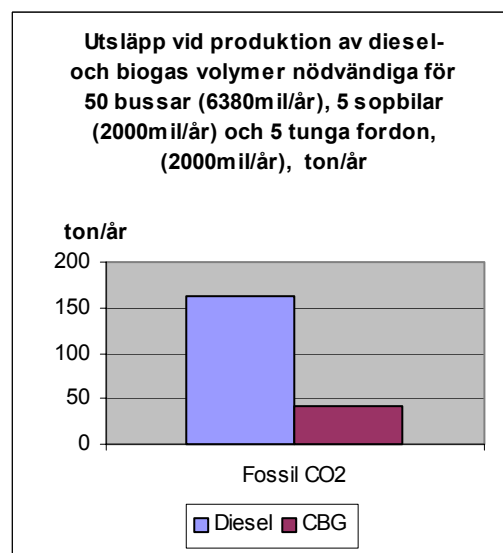
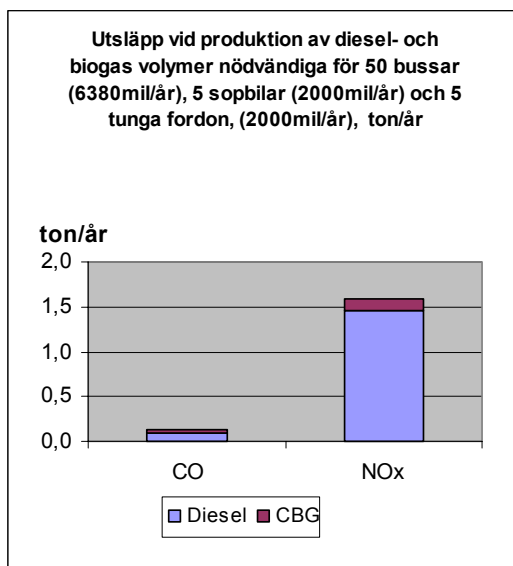
Tabell 15 Utsläpp från diesel och gas.

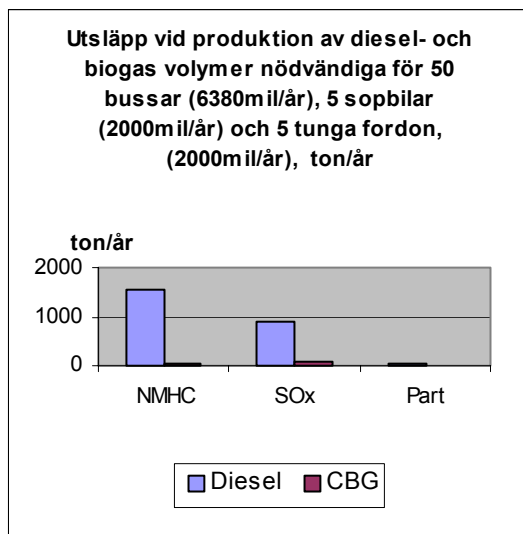
		Diesel	CBG
Fossil CO₂	ton/år	162	42
CO	ton/år	0,1	0,03
NOx	ton/år	1,5	0,13
NMHC	kg/år	1535	47
SOx	kg/år	898	68
Part	kg/år	52	10

Källa: KFB-Meddelande 1997:5

Källa: KFB-Meddelande 1997:5

NMHC: Non Methane Hydro-Carbone





Figur 40 Utsläpp vid produktion av diesel och gas.

Uppgifterna ovan visar att dieseldrivna bussar påverkar miljön mer än biogasdrivna bussar redan vid produktionen av bränslet.

Följande faktorer, utöver utsläppen, bidrar också till dieselbränslets nackdelar jämfört med biogas:

- Stor risk för miljö vid oljeriggar och oljetankar.
- Långa transportsträckor från utvinning av råprodukt till användning av färdigt bränsle.
- Ökning av beroendet av utländska producenter.
- Ökning av landets import.
- Icke förnyelsebar bränsle.

9.5 Miljöekonomisk värdering

En ekonomisk värdering av CO₂, NO_x och partiklars miljöpåverkan möjliggjordes med hjälp av grunddata från SIKAs rapport 1999:6.

Tabell 16 Ekonomisk värdering av CO₂, NO_x och partiklar.

Effekt	Amne	Värdering
Global	CO ₂	0,8 kr/kg
Lokal	Nox* Stockholms ytterstad	25 kr/kg
Lokal	Partiklar Stockholm innerstad	9500 kr/kg
	Partiklar Stockholm ytterstad	6000 kr/kg
	Partiklar Stor Stockholm yttre	2400 kr/kg

Källa: SIKAs Rapport 2002:11

* uppskattning (baserad på 30 kr/kg för Nox utsläpp i Stockholms innerstad)

Utsläppsmängderna av CO₂, NO_x och partiklar som uppskattades i kapitel 9.2 för scenario 1 och 2 översätts nedan till ekonomiska termer.

● Scenario 1: 30 bussar

Tabell 17 Ekonomisk värdering vid introduktion av 30 gasbussar.

			CO ₂ ksek/år	NOx ksek/år	PM ksek/år	Totalt ksek/år
Steg 1.0	dieseldrivna bussar	30	2 334	2 509	14 812	19 655
	Tot. steg 1.0	30 bussar	2 334	2 509	14 812	19 655
Steg 1.1	CBG bussar	30	0	938	1 501	2 439
	Tot. steg 1.1	30 bussar	0	938	1 501	2 439
Skillnad mellan steg 1.0 och steg 1.1			2 334	1 571	13 311	17 216

● **Scenario 2: 37 bussar**

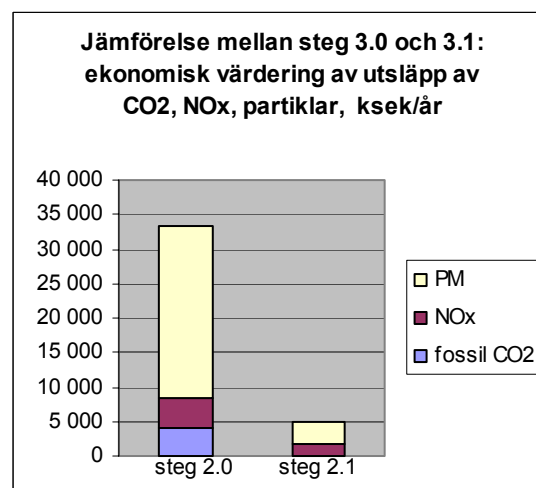
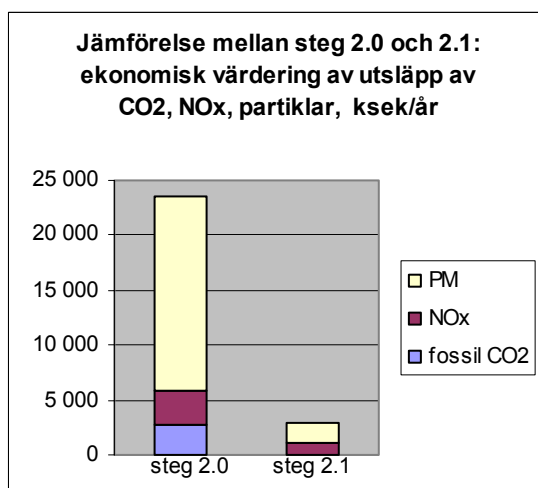
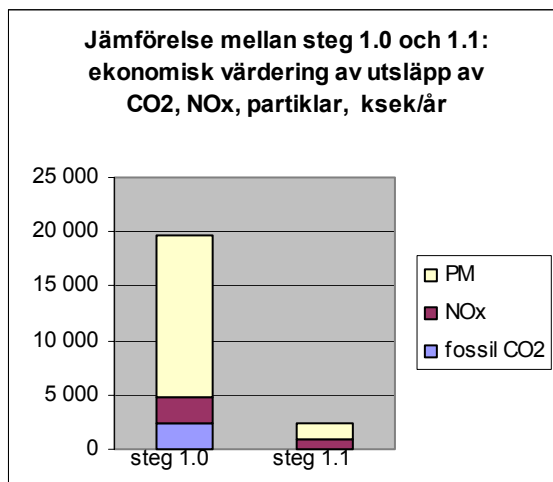
Tabell 18 Ekonomisk värdering vid introduktion av totalt 37 gasbussar.

			CO ₂ ksek/år	NOx ksek/år	PM ksek/år	Totalt ksek/år
Steg 2.0	dieseldrivna bussar	37	2 800	3 032	17 634	23 466
	Tot. alt 2.0	37 bussar	2 800	3 032	17 634	23 466
Steg 2.1	CBG bussar	37	0	1 157	1 851	3 008
	Tot. alt 2.1	37 bussar	0	1 157	1 851	3 008
Skillnad mellan steg 2.0 och steg 2.1			2 800	1 875	15 783	20 459

● **Scenario 3: 80% av biogasen används som fordonsbränsle**

Tabell 19 Ekonomisk värdering vid introduktion av totalt 50 gasbussar, 5 sopbilar, och 5 tunga fordon ur Lidingöstadens fordonsflotta.

			CO ₂ ksek/år	NOx ksek/år	PM ksek/år	Totalt ksek/år
Steg 3.0	dieseldrivna bussar	50	3 889	4 093	23 500	31 482
	dieseldrivna sopbilar	5	122	128	737	987
	diesel tunga fordon (Lidingö)	5	122	128	737	987
	Tot. alt 3.0		4 133	4 349	24 974	33 456
Steg 3.1	CBG bussar	50	0	1 563	2 501	4 064
	CBG sopbilar	5	0	156	250	406
	CBG tunga fordon (Lidingö)	5	0	156	250	406
	Tot. alt 3.1		0	1 876	3 001	4 877
Skillnad mellan steg 3.0 och steg 3.1			4 133	2 473	21 972	28 578



Figur 41 Ekonomisk värdering för utsläpp av CO₂, Nox och partiklar vid introduktion av biogas som fordonsbränsle.

Utsläpp av partiklar representerar mer än 75% av den ekonomiska värderingen. Den stora mängden partikelutsläpp i kombination med dess höga ekonomiska värdering leder till en **vinst** som är så stor som 17 resp. 20 och 29 miljoner kronor per år i steg 1.1, 2.1 och 3.1 jämfört med dieseldrivna fordon i steg 1.0, 2.0 och 3.0.

9.6 Sammanfattning av miljöpåverkan

Genom att ersätta den aktuella dieseldrivna fordonsflottan med biogasdrivna fordon uppfylls dem 3 miljömål som SLTF har identifierat i syftet att nå svenska transportpolitiska delmål nr 6, se tabellen nedan.

Tabell 20 Uppfyllelse av det svenska transportpolitiska delmålet

	Svenska transportpolitiska delmål nr 6	SLTFs 3 st miljömål	Biogasdrivna fordon = EEV-fordon
Partiklar	X	0,02 g/kWh	< 0,01 g/kWh
NOx	X	3,5 g/kWh	2 g/kWh
CO2	X	Kontinuerlig minskning	Förnyelsebar bränsle
Buller	X		Mindre än diesel bussar

Sammanfattning av utsläppsminskningen mellan biogasdriven och dagens dieseldriven fordonsflottor

Tabell 21. Sammanfattning av miljömässig värdering

	Scenario 1 30 bussar ton/år	Scenario 2 37 bussar ton/år	Scenario 3 80% biogas ton/år	Minskning %
fossil CO₂	2 900	3 500	5 200	100
NOx	63	75	100	63
partiklar	2,2	2,6	4	90
CH	15	18,5	25	75
CO	90	110	150	99
Ekonomisk värdering	17 MSEK/år	20 MSEK/år	29 MSEK/år	85%

10 Säkerhetsaspekter

En säker hantering av gasen är av avgörande betydelse för det biogasytem som beskrivs i denna förstudie. Idag finns väl utvecklade normer och regelverk för hur hanteringen skall gå till för att minska riskerna så väl för dem som hanterar gasen som för de personer som vistas i närheten av anläggningen.

Normer och regelverk innefattar bland annat anvisningar om vilka avstånd som skall uppfyllas mellan anläggningen och externa verksamheter samt mellan olika delar inom samma anläggning. Dessa avstånd anges i "Anvisningar för tankstationer för metangasdrivna fordon". Anvisningen är framtagen av Svenska gasföreningen mot bakgrund av bland annat Sprängämnesinspektionens föreskrifter om tankstationer för metangasdrivna fordon (SÄIFS 1998:5). En beskrivning av de avstånd som skall uppfyllas samt vad det innebär för den tilltänkta anläggningen ges nedan.

10.1 Avstånd till extern verksamhet

Följande avstånd skall uppfyllas mellan gaslagret och externa byggnader samt annan verksamhet med brandbelastning, se tabell nedan.

Tabell 22. Avstånd till byggnader och annan verksamhet utanför anläggningen

Gaslagrets geometriska volym, V (liter)	Byggnader i allmänhet, användbart material eller brandfarlig verksamhet (meter)	Stor brandbelastning (meter)	Utgången från svårutrymda lokaler*** (meter)
4000 < V	25*	50*	100*
1000 < V ≤ 4000	6*	25*	100*
60 < V ≤ 1000	3**	25**	100**

* Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 får avstånden minskas till hälften.

** Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 behövs inget minsta avstånd.

*** Exempel på svårutrymda lokaler är samlingslokal, skola, sjukhus och daghem.

Anm. Användes avskiljningar av högre brandteknisk klass än EI 60 får avstånden reduceras efter beslut av SRV.

10.2 Avstånd mellan olika delar inom anläggningen

Nedan ges de minsta avstånd som skall upprätthållas mellan gasutrustning inom anläggningen, det vill säga exempelvis mellan gaslager och tankningsplats eller mellan gaslager och kompressorer etc.

Tabell 23. Avstånd inom anläggningen

Gaslagrets geometriska volym, V (liter)	Kompressor, användningsbart material eller annan brandfarlig verksamhet (meter)	Verksamhet med stor brandbelastning (meter)	Större fordon parkerade för tankning (meter)
4000 < V	12 ^{*)***)}	25 ^{***)}	8 ^{*)}
1000 < V ≤ 4000	6 ^{*)}	12 ^{*)}	8 ^{*)}
60 < V ≤ 1000	3 ^{**)}	12 ^{**)}	8 ^{**)}
Tankningsplats	3	12	-

* Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 får avståndet minskas till hälften.

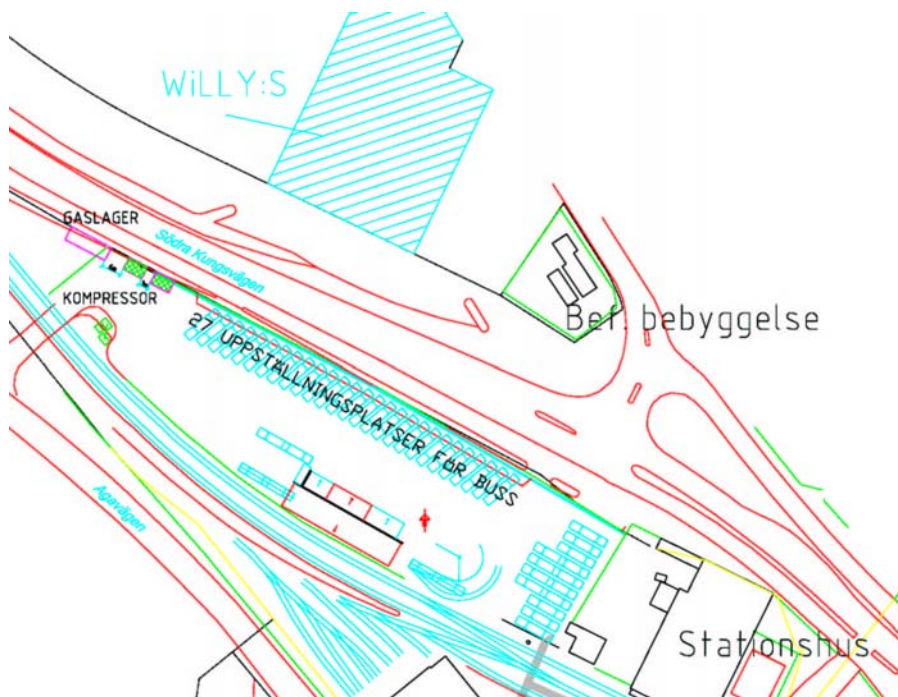
** Med avskiljning i lägsta brandteknisk klass EI 60 behövs inget minsta avstånd.

*** Med avskiljning i lägsta brandteknisk klass REI 120 behövs inget minsta avstånd.

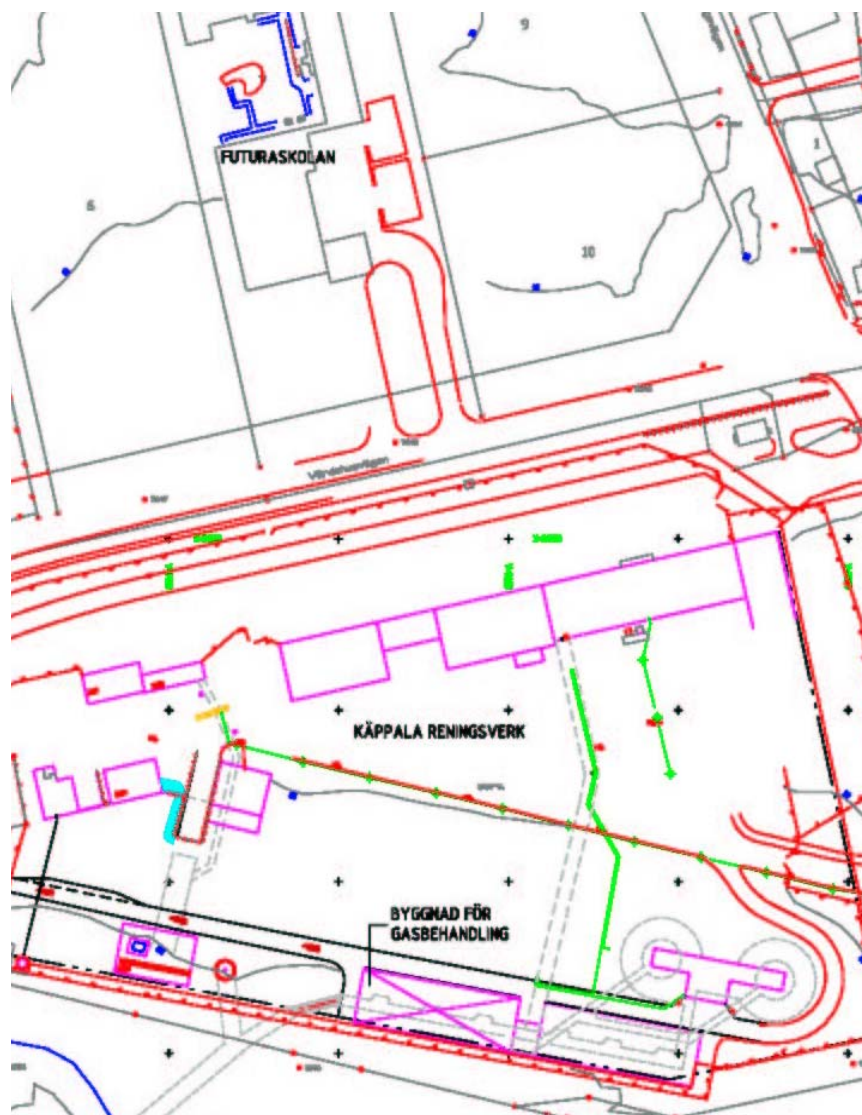
Anm. Användes avskiljning med högre brandteknisk klass än EI 60 får avstånden reduceras efter beslut av SRV.

10.3 Föreslagen placering

I figurerna nedan föreslås placeringen av biogasanläggningarna inom Käppalaverkets område samt på bussdepån.



Figur 42 Föreslagen placering för biogasanläggningen inom bussdepån på Lidingö.



Figur 43 Föreslagen placering för biogasanläggningen inom Käppalaverkets område.

Föreslagen placering av biogasanläggningen inom Käppalaverkets område samt inom bussdepån på Lidingö uppfyller båda de krav på avstånd som ställs på dessa anläggningar.

Lokalisering av gaskompressorer och gaslager på bussterminalen är inringad av restriktioner på avstånd till väg, järnväg samt tillkommande Willys. Föreslagen placering bedöms inte påverkas av kommande planerade byggnationer i området.

Om alternativet med uppställning av gasflak vid bussdepån, som möjligt back-up system, anses vara attraktivt behöver placeringen av dessa utredas närmare i ett senare skede av projektet.

11 Tillstånd

11.1 Tillstånd för hantering av brandfarlig vara

Myndigheterna ställer krav på att anläggningar som hanterar brandfarlig vara, så som biogas, skall söka tillstånd enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor (SFS 1988:868).

Tillståndsansökan omfattar bland annat en översiktlig beskrivning av anläggningen och dess delar, den mängd biogas som förväntas hanteras inom anläggningen, namn på den person som ansvarar för anläggningen etc. Ansökan skall vara myndigheten (i det här fallet stadsbyggnadskontoret) till handa i god tid före drifttagande av anläggningen. Tillstånd för drift av anläggningen ges efter det att myndigheternas representanter (i detta fall Stadsbyggnadskontoret, Räddningsverket och Räddningstjänsten) besökt den färdigställda anläggningen vid en så kallad avsyning.

11.2 Anmälan enligt Miljöbalken

Anläggningar som förväntas hantera mer än 1 miljon Nm³ biogas per år skall förutom tillstånd för hantering av brandfarlig vara även skicka in en anmälan till Miljöförvaltningen. Anmälan omfattar exempelvis en redovisning av verksamheten, anläggningens lokalisering, avfallshantering, kemikaliehantering samt eventuella utsläpp till mark, luft och vatten. Anmälan skall vara tillsynsmyndigheten (i detta fall Miljöförvaltningen) till handa i god tid före idrifttagande av anläggningen. Ett skriftligt utlåtande skickas till anläggningsägaren efter det att myndigheten behandlat anmälan.

11.3 Anmälan och handlingsprogram angående förebyggande av allvarliga kemikalieolyckor

I det fall den tilltänkta anläggningen förväntas kunna lagra mer än 10 ton biogas (ca 14 000 Nm³ gas) kommer den att omfattas av förordningen (SFS 1999:382) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor samt föreskriften (AFS 2001:10) om förebyggande av allvarliga kemikalieolyckor. Detta

innebär att en anmälan enligt denna förordning och föreskrift skall göras till Länsstyrelsen respektive Arbetsmiljöinspektionen.

Anmälan skall vara Länsstyrelsen och Arbetsmiljöinspektionen till handa senast 3 månader före idrifttagande av anläggningen och kan skrivas som ett dokument men skall skickas till båda myndigheterna för behandling. Anmälan omfattar exempelvis en översiktlig verksamhetsbeskrivning, namn på den som är ansvarig för anläggningen, beskrivning av anläggningsområdet, mängd farlig vara som förväntas att hanteras, faktorer som kan ge upphov till allvarliga kemikalieolyckor etc. Ett skriftligt utlåtande skickas till anläggningsägaren efter det att myndigheten behandlat anmälan.

Utöver anmälan skall dessutom ett handlingsprogram för hur allvarliga kemikalieolyckor skall förebyggas inom verksamheten utarbetas och på begäran redovisas för tillståndsmyndigheten. Ett handlingsprogram skall innehålla uppgifter om mål och allmänna handlingsprinciper för att förebygga allvarliga kemikalieolyckor, uppgifter om anläggningsägarens säkerhetsorganisation samt uppgifter om hantering av riskerna för allvarliga kemikalieolyckor genom rutiner och instruktioner.

11.4 Bygglovsansökan

Stadsbyggnadskontoret granskar ansökningar om bygglov. Ansökan skall skickas till kommunen i god tid före planerad byggstart. På kommunens hemsida kan en blankett hämtas som sedan skall fyllas i och skickas in tillsammans med handlingar som beskriver det tilltänkta projektet. Beslut om beviljat bygglov meddelas skriftligen.

De handlingar som oftast krävs till en bygglovsansökan är situationsplan, huvudritningar visande fasader, snitt m m, samt planritning för att illustrera projektet. Vid ändring av markens höjdläge erfordras markplaneringsritning; plan och snitt. Situationsplan och ritningar ska skickas in i fyra omgångar (två vid förhandsbesked).

Utöver bygglov krävs också en bygganmälan senast tre veckor före byggstart.

12 Tidplan för möjlig utbyggnad

Från det att beslut tas att påbörja en upphandling av de fasta installationerna, dvs gasbehandlingsanläggning och tankstationer, till dess att trafiken kan tas i drift utgörs av den tidsperiod på cirka 2 år. Planering och upphandlingsfasen tar närmare 1 år och byggnation och idrifttagning tar drygt 1 år.

Parallellt måste bussar och andra fordon upphandlas vilket brukar ta drygt ett år.

13 Investeringar och driftskostnader

Investeringarna i erforderliga anläggningar för produktion, distribution och tankningsanläggningar för biogas i enlighet med ovan har beräknat till totalt cirka 65 miljoner kronor. Detta inkluderar alla investeringar inklusive 15% oförutsett men exklusive moms.

Investeringsskalkylen omfattar kostnaden för de tillkommande anläggningsdelar som biogassystemet kräver, men inte kostnader för bussar och övriga biogasdrivna fordon.

Investeringarna fördelar sig enligt nedan.

13.1 Gasproduktion

Vid Käppala avloppsreningsverk installeras två gasbehandlingslinjer med vardera kapacitet att behandla cirka 850 Nm³ biogas per timme. Två liner som vardera kan behandla det fulla gasflödet ger ett redundant system och därmed en hög tillgänglighet. Vardera produktionslinjen inkluderar tryckstegringsfläkt lågtryck (0-300 mbar), kompressor (0,2-8 bar), koldioxidavskiljning, gastork och odöriseringsenhet samt lämplig utrustning för mätning av gasflöde och kvalitet.

Utrustningen placeras i befintlig och i dag outnyttjad f.d. slamförtjockningsbyggnad. Anslutningen till gas, el, värme, ventilation görs till avloppsverkets normala system, vilket kan göras utan större insatser på aktuell plats. En förstärkning av elmatningen kan erfordras och har här inkluderats.

Vidare installeras en långsamtankningsanläggning för fyra personbilar avsedd för att tanka Käppalas egna fordon.

Investering cirka: 30 miljoner kronor

Gasbehandlingsaggregat 2 *11	22 MSEK
Elmatning	1 MSEK
Gastankningsgenhet	0,1 MSEK
Anslutningsarbeten	0,6 MSEK
Planering, upphandling	1,3 MSEK
Extrainsatser under uppstart	1,0 MSEK
Oförutsätt 15 %	3,9 MSEK

Investeringen omfattar en komplett och idrifttagen anläggning upphandlad såsom en totalentreprenad.

13.2 Distributionsledning

Distribution av den behandlade gasen sker med en markförlagd gasledning mellan Käppala avloppsreningsverk och bussdepån. Gasledningen förläggs genom en kombination mellan grävning och styrd borring för att komma fram i terrängen med vägar byggnader och järnväg. Ledningen beräknas få en längd på cirka 4,5 km och vara till 30% förlagd genom styr borring.

Investering cirka: 11 miljoner kronor

Gasledningsentreprenad	8,0 MSEK
Markundersökningar	0,3 MSEK
Planering, projektering, upphandling samt besiktning	1,2 MSEK
Oförutsatt 15%	1,5 MSEK

Investeringen omfattar en komplett och idrifttagen gasledning upphandlad såsom en generalentreprenad.

Ledningsförläggningen har enbart studerats översiktligt i denna förstudie och osäkerhet föreligger om hur stor andel av gasledningen som måste förläggas genom styrd borring. Detta har stor betydelse för investeringens storlek. Sträckningen behöver ytterligare studeras.

13.3 Busstankningsanläggning

Tankningsanläggningen förläggs på nuvarande bussterminal. Anläggningen utgörs av två containeruppställda högtryckskompressorer med en kapacitet på cirka 600 m³ per timme.

Ett högtryckslager med ett högsta arbetstryck av 350 bar installeras med en volym på cirka 25 m³ vilket motsvarar cirka ett dygns behov för bussarna.

Gastankning sker vid en snabbtankningdispenser med två tankningsmunstycken.

En del åtgärder kan behöva göras i verkstaden för att anpassa den till gashantering.

Investering cirka: 20 miljoner kronor

Gaskompressorer 2 *3,1	6,2 MSEK
Elmatning	0,2 MSEK
Gaslager	2,5 MSEK
Mark och bygg	4,3 MSEK
Montage och instrument	1,6 MSEK
Tankningsdispenser	0,6 MSEK
Planering, upphandling mm	1,6 MSEK
Oförutsett 15%	3,0 MSEK

Investeringen omfattar en komplett och idrifttagen anläggning.

Tankning kan alternativt ske såsom långsamtankning vid ramp. Detta innebär dock en merinvestering på cirka 1,5 miljoner kronor.

Investeringen för garagemodifiering ingår ej i kalkylen ovan och tillkommer.

13.4 Back-up system

Ett back-up system för att säkra gasleveranser kan utgöras av en kombination av ett LNG-lager. Anläggningen placeras vid bussdepån men då det idag inte är klarlagt om LNG-anläggningen av säkerhetsskäl kan förläggas till bussdepån med hänsyn till kringliggande verksamheter vara vid bussdepån men kan även

komma att förläggas till Käppala avloppsreningsverk. Ur investeringssynpunkt saknar det dock betydelse.

Investering cirka: 3,6 miljoner kronor

LNG enhet	3,1 MSEK
Markarbeten	0,2 MSEK
Röranslutning	0,4 MSEK
Planering, upphandling mm	0,3 MSEK
Oförutsett 15%	0,6 MSEK

13.5 Publik tankningsanläggning

En publik tankningsanläggning kan etableras på en eller flera platser. Dessa förses med CBG via mobila gaslager som fylls vid bussdepån på Lidingö eller vid annan anläggning exempelvis Bromma avloppsreningsverk.

Investering cirka: 5,7 miljoner kronor

Kompressor	1,0 MSEK
Stationärt lager	0,2 MSEK
Dispenser	0,5 MSEK
Bygg och markarbeten	1,0 MSEK
Elanslutning	0,2 MSEK
Mobilt lager, 3 enheter	1,5 MSEK
Planering, upphandling mm	0,6 MSEK
Oförutsett 15%	0,7 MSEK

13.6 Driftkostnads-kalkyl

Driftkostnads-kalkylen har delats upp i tre delar:

- produktion av CBG vid Käppala avloppsreningsverk
- gasdistribution Käppala - bussdepå
- distribution och tankning av CBG

Kalkylerna redovisar ett produktionsläge då anläggningarna utnyttjas fullt ut med prisnivå år 2004.

13.6.1 Produktion av CBG vid Käppala

Tabell 24. Behandlingskostnad CBG vid Käppala

Kapital	30 MSEK	6%, 15 år	3 100 000 kr
Daglig tillsyn och underhåll	500 h	250 kr/tim	125 000 kr
Service, köpt tjänst	300 h	650 kr/tim	195 000 kr
El	700 000 kWh	0,70 kr/kWh	490 000 kr
Vatten	30 000 m ³	5 kr/m ³	150 000 kr
Slit- och reservdelar			200 000 kr
Övrigt förbrukningsmaterial*			25 000 kr
Underhåll bygg			40 000 kr
Summa			4 350 000 kr
Behandlingskostnad CGB	2 600 000 Nm ^{3**}		1,65 kr/Nm³

* Olja, glykol, luktämne, kalibreringsgaser mm

** 80% av idag tillgänglig gas. Resterande avses nyttjas för uppvärmning på Käppala.

Kapital och driftkostnaderna ovan avser tillkommande verksamhet med behandling och hantering av CBG vid Käppala avloppsreningsverk. Dessa uppgår till cirka 4,3 miljoner kronor per år där kapitalkostanden står för cirka 75% av kostnaden. En stor del av

den övriga kostnaden är att beteckna som rörlig mot producerad gasmängd.

Till priset på CBG ska även läggas ersättning för rågasen till Käppala. Denna kan ställas i relation till kostnaden för ersättningsenergi samt utebliven intäkt från försäljning av värme. Vid exempelvis ett genomsnittligt gaspris motsvarande 20 öre/kWh motsvarar det ett rågaspris på 2 kr/m³ CBG.

13.6.2 Gasdistribution Käppala – Bussdepå

Tabell 25. Distributionskostnad CBG

Kapital	11 MSEK	6%, 15 år	1 100 000 kr
Underhåll bygg			100 000 kr
Summa			1 100 000 kr
Distributionskostnad CBG	2 600 000 Nm ^{3**}		0,42 kr/Nm³

Distributionskostnaden är en fast kostnad.

13.6.3 Distribution och tankning av CBG

Tabell 26. Tankningskostnad CBG

Kapital	29,5 MSEK	6%, 15 år	2 950 000 kr
Daglig tillsyn och underhåll	500 h	250 kr/tim	125 000 kr
Service, köpt tjänst	80 h	650 kr/tim	52 000 kr
Ei	650 000 kWh	0,70 kr/kWh	455 000 kr
Slit- och reservdelar			50 000 kr
Underhåll bygg	7,3 MSEK	1,5 %	110 000 kr
Trailerkörning	205 flak/68 trap.	2 tim*700 kr/tim*trp	95 000 kr
Summa			3 837 000 kr
Tankningskostnad	2 600 000 Nm ^{3**}		1,48 kr/Nm³

Biogassystemet förutsetts vara försett med möjligheter till gasleveranser till och från anläggningen. I kalkylen har förutsatts att någon ersättningsgas ej behöver köpas in.

13.6.4 Sammanställning

Tabell 27. Sammanställning driftskostnad

	kr/Nm ³ CBG	Mkr/år	%
Rågas	2,00 ?	5,2	36
Gasbehandling	1,65	4,3	30
Distribution	0,42	1,1	8
Tankning	1,48	3,8	26
Summa	5,55	14,4	100

Under givna förutsättningar bla full produktion är kostnaden för gasen i genomsnitt 5,55 kr per nm^3 . Den totala årliga kostnaden uppgår till cirka 14,8 miljoner kronor varav cirka 50% utgörs av ränte- och amorteringskostnader. Avskrivningstider och räntor har stor betydelse i kalkylen.

Uppbyggnaden av fordonsflottan tar ett antal år under vilka man inte har full avsättning för gasen. En del CBG kan eventuellt säljas till andra anläggningar i annat fall nyttjas gasen på samma sätt som idag internt på Käppala avloppsreningsverk samt säljs som värme. Beaktas detta så stiger gaspriset ovan.

Förutsättningarna för hur en utbyggnad kan komma att ske är oklart. Om man räknar med en linjär uppbyggnadstid på cirka 5 år av fordonsflottan så ökar gaspriset med cirka 1 kr/ m^3 .

De ekonomiska förutsättningarna för att använda biogas från Käppala avloppsreningsverk som drivmedel till bussar och andra fordon på Lidingö är goda.

Referenser

1. www.lidingo.se/net/Lidingo+stad+Ex/Om+staden/Statistik,
2004-09-05]
2. Översiktsplan för Lidingö Stad, Antagen av kommunfullmäktige
den 27 maj 2002.