



## **Käppalaförbundets biogas – alternativa användningar**

**Käppalaförbundet**  
S:a Kungsvägen 315  
Box 3095, 181 03 Lidingö  
tel 08-766 67 00

**Lotta Hammarlund**  
2006-02-02

## Sammanfattning

År 2004 uppgick biogasproduktionen vid Käppalaverket till 34 GWh vilket beräknas öka till ca 40 GWh år 2009. Käppalaverket kan erbjuda sin gas till försäljning inom ett av följande områden:

- fordonsbränsle
- fjärrvärme
- kraftvärme
- inblandning i stadsgasnätet.

De fyra alternativen jämförs här med avseende på ekonomi/lönsamhet, miljöbelastning samt systemutformning.

Idag produceras drygt 26 GWh värme. Ca 9 GWh används för eget bruk, resten säljs till Fortum Värme. Utgångsdatum för leveransavtalet med Fortum är 30 juni 2018. Det egna värmebehovet kommer framöver delvis att täckas via den värmepump som kommer att installeras i utvattnet under 2006/2007. Uppskattat fjärrvärmebehov (värmepump kan ej täcka hela värmebehovet) framöver om man väljer att inte producera värme själva: ca 5 GWh.

För fordonsbränsle och kraftvärmealternativen gäller att ca 90% av biogasen kan tas tillvara av de respektive alternativen. Resten, överskottsgasen, används för värmeproduktion i en ny effektiv gaspanna med 90% verkningsgrad. På så vis nås närmre 100% utnyttjandegrad totalt. Kostnad för den nya gaspannan uppgår till ca 0,5 MSEK, och med kringutrustning maximalt 1 MSEK.

### Biogas som fordonsbränsle

Produktionen skulle uppgå till 31,1 GWh biofordonsgas och 2,4 GWh värme. Värmen används för Käppalaverkets egna behov. För produktion av fordonsgas måste en gasbehandlingsanläggning byggas, den beräknas kosta ca 24 MSEK. Att få en biofordonsgaslösning i produktion tar 2-2,5 år. Projektet uppfyller kraven för att få KLIMP bidrag.

I dagsläget har tre kunder visat intresse för att köpa all fordonsgas Käppalaverket kan leverera, nämligen Fortum, AGA samt SL.

Fortum avser att bygga upp en infrastruktur av tankstationer och rörledningar i Stockholm med omnejd. Fram till att fordonsgaslösningen är på plats vill Fortum i ett första skede blanda in biogasen i stadsgasnätet. Detta kräver dragning av markledning från Käppala till Värtan vilket beräknas ta ca 1 år. Under tiden fortsätter Käppalaverket att leverera fjärrvärme till Fortum enligt nu gällande avtal.

SL avser att dra en markledning mellan Käppala och SL-depån vid AGA, bussdepåns storlek anpassas efter tillgänglig gasvolym. SLs avsikt är att 95% av biogasen skall nyttjas på Lidingö.

AGA avser att köra biogasflaken med biogasdrivna lastbilar, sälja biofordonsgas till SL samt att bygga 6-7 st nya fordonsgasstationer i Stockholmsområdet. AGA kan tänka sig att bygga en markledning om det visar sig ekonomiskt försvarbart. AGAs avsikt är att bygga ett antal tankningsställen för biogas inom de kommuner som tillhör Käppalas upptagningsområde. Vidare kan AGA tänka sig ett, för Käppalaverket, transparent avtal gentemot SL för försäljning av biofordonsgas till SLs busspark.

Miljövinsten för fordonsgasalternativet beräknas utifrån antagandet att biofordonsgas ersätter diesel för tunga fordon samt diesel och framför allt bensin (95% blyfri) för personbilar.

### Biogas till fjärrvärmeproduktion

Värmeproduktion: 31,0 GWh. Investering i nya gaspannor: ca 10 MSEK. Möjliga kunder: Fortum och Vattenfall. Fortum kan (förmodligen) ta emot all fjärrvärme, Vattenfall kan det inte.

Vid beräkning av miljövinsten för fjärrvärmealternativet jämförs alternativet dels med fjärrvärme producerad vid Värtaverket, dels med kolkraftsproducerad värme.

### Biogas till el- och fjärrvärmeproduktion

Elproduktion: 10,9 GWh. Värmeproduktion: 19,2 GWh. Investering i kraftvärmepanna: ca 15 MSEK.

Hela elproduktionen används internt på Käppalaverket och täcker ca 40% av elbehovet. Av värmeproduktionen används knappt hälften för att täcka hela det egna värmebehovet, resten säljs till Fortum på samma sätt som idag. Systemutformningen med ägandefrågor och leveranspunkt gentemot Fortum blir densamma som idag.

Vid beräkning av miljövinsten för kraftvärme jämförs elproduktionen dels med den ordinarie elproduktionen på marginalen, dvs kolkraft, dels med en "Sverigemix" av elproduktion. Värmeproduktionen jämförs dels med kolkraftproducerad värme, dels med fjärrvärme producerad vid Värtaverket.

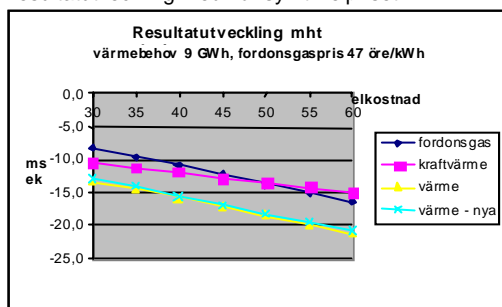
### Biogas som stadsgas

Finns ej som enskild lösning utan är en del av Fortums förslag där Fortum föreslår att biogasen används till inblandning i stadsgasnätet under tiden som fordonsgassystemet byggs klart.

### Elprisets inverkan

Elpriset har relativt stor inverkan på vilket alternativ som är mest lönsamt för Käppalaverket.

Resultatutveckling med hänsyn till elpriset.



Värmebehov: 9 GWh.

Biogasproduktion: 5,5 MNm<sup>3</sup> (35,2 GWh).

Fordonsgaspris: 47 öre/kWh.

Fordonsgasalternativet är fördelaktigast upp till elkostnaden 49 öre/kWh (totalt elpris inklusive elskatt och elcertifikatsavgift blir 82,3 öre/kWh). Kraftvärmealternativet är fördelaktigast för elkostnader därutöver.

### Jämförelse mellan alternativen

Ekonomiskt sett är fordonsbränslealternativet det mest fördelaktiga i dagsläget, se kalkylen sist i sammanfattningen.

Miljövinsten består i att utsläpp av bl a koldioxid (CO<sub>2</sub>), kväveoxider (NO<sub>x</sub>) samt partiklar minskar väsentligt vid övergången från de fossila bränslena bensin, diesel och kol till biogas. Utsläpp av partiklar har en lokal påverkan på miljön, och kommer kommunerna där utsläppen minskar direkt till nytta. Minskade utsläpp av CO<sub>2</sub> har en global påverkan.

### Värderingarna av miljövinster vid övergång till biogas är följande:

Jämförelse av miljövinsten vid olika användning av biogas – värme jämförs med Värtan, el jämförs med Sverigemix.

	Miljövinst, ksek
Fordonsgas	14 037
Fjärrvärme	3 785
Kraftvärme	2 647

Jämförelse av miljövinsten vid olika användning av biogas – värme och el jämförs med motsvarande kolkraft.

	Miljövinst, ksek
Fordonsgas	15 893
Fjärrvärme	27 753
Kraftvärme	37 210

## Beräkning av resultat för de tre alternativa biogasanvändningarna

		Alt 1 Fordons- bränsle	Alt 2 Kraftvärme	Alt 3 Fjärrvärme
<b>Produktion</b>				
Drivmedel	GWh	31,1	0,0	0,0
EI	GWh	0,0	10,9	0,0
Värme	GWh	2,4	19,2	31,0
Total produktion	GWh	33,6	30,1	31,0
<b>Internt utnyttjande</b>				
Drivmedel	GWh	0,0	0,0	0,0
EI	GWh	26,2	26,2	26,2
Värme	GWh	9,0	9,0	9,0
<b>Intäkter</b>				
Drivmedel	MSEK	14,6	0,0	0,0
EI	MSEK	0,0	0,0	0,0
Elcertifikat	MSEK	0,0	2,4	0,0
Värme	MSEK	0,0	2,3	4,9
<b>Kostnader</b>				
Drivmedel	MSEK	0	0,0	0,0
EI	MSEK	-18,4	-10,8	-18,4
Elskatt och certifikatsavgift på produktion	MSEK	0,0	-2,9	0,0
Värme	MSEK	-3,7	0,0	0,0
Kapital	MSEK	-2,1	-1,3	-0,8
Drift	MSEK	-0,6	-1,2	-0,4
<b>Resultat</b>	<b>MSEK</b>	<b>-10,2</b>	<b>-11,5</b>	<b>-14,7</b>
<b>Investering</b>	<b>MSEK</b>	<b>25,0</b>	<b>16,0</b>	<b>10,0</b>
<b>Förutsättningar:</b>				
Fordonsbränsle sälj	öre/kWh	47		
EI köp	öre/kWh	70,3		
Elskatt på egen produktion	öre/kWh	24,6		
Värme köp	öre/kWh	56		
Värme sälj	öre/kWh	22,4		
Elcertifikat	kr/certifikat	220		

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>7</b>
1.1	BAKGRUND.....	7
1.2	SYFTE.....	7
1.3	METOD.....	7
1.4	AVGRÄNSNINGAR.....	7
<b>2</b>	<b>BEFINTLIGT LEVERANSAVTAL MED FORTUM VÄRME</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>FJÄRRVÄRMEBEHOV</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>FÖRVÄNTAD ÖKNING AV BIOGASPRODUKTIONEN</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>TIDIGARE STUDIER</b> .....	<b>9</b>
5.1	SWECO VIAK, 2005.....	9
5.1.1	Studiens syfte och upplägg.....	9
5.1.2	Studiens slutsatser.....	9
5.1.3	Kommentarer till studien.....	10
5.2	OSELE ENERGITEKNIK AB, 2005.....	10
5.2.1	Studiens syfte.....	10
5.2.2	Studiens slutsatser.....	10
5.2.3	Kommentarer till studien.....	11
<b>6</b>	<b>BIOGAS SOM FORDONSBRÄNSLE</b> .....	<b>12</b>
6.1	EKONOMI.....	12
6.2	SYSTEMUTFORMNING.....	12
6.3	MILJÖVINSTER FORDONSGAS.....	12
6.3.1	Värdering av miljönyttan.....	13
6.3.1.1	Fordonsgas.....	13
6.3.1.2	Värmeproduktion i drivmedelsalternativet.....	14
6.3.1.3	Total miljönytta drivmedel.....	15
6.4	INTRESSETER.....	16
6.4.1	Fortum.....	16
6.4.1.1	Fortums förslag i korthet.....	16
6.4.1.2	Intäkter innan fordonsbränslefasen.....	17
6.4.2	SL.....	17
6.4.2.1	Gränssnitt och tekniska frågor.....	17
6.4.2.2	Tillstånd.....	18
6.4.2.3	Ersättning.....	18
6.4.3	AGA.....	18
6.4.3.1	Översiktlig systembeskrivning.....	18
6.4.3.2	Fyllning av växelflak.....	18
6.4.3.3	Distribution.....	18
6.4.3.4	Utbyggnad av tankställen/Slutförbrukning.....	19
6.4.3.5	Ersättning.....	19
<b>7</b>	<b>BIOGAS TILL FJÄRRVÄRMEPRODUKTION</b> .....	<b>19</b>
7.1	EKONOMI.....	19
7.2	SYSTEMUTFORMNING.....	19
7.3	MILJÖVINSTER FJÄRRVÄRME.....	20
7.3.1	Värdering av miljönyttan.....	20
<b>8</b>	<b>BIOGAS TILL EL- OCH FJÄRRVÄRMEPRODUKTION</b> .....	<b>20</b>
8.1	EKONOMI.....	21
8.2	SYSTEMUTFORMNING.....	21
8.3	MILJÖVINSTER KRAFTVÄRME.....	21
8.3.1	Värdering av miljönyttan.....	21
8.3.1.1	Elproduktion i kraftvärmealternativet.....	21
8.3.1.2	Värmeproduktion i kraftvärmealternativet.....	22
8.3.1.3	Total miljönytta kraftvärme.....	22

<b>9</b>	<b>BIOGAS SOM STADSGAS .....</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>DISKUSSION AV MILJÖVÄRDERINGARNA .....</b>	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>ELPRISETS INVERKAN .....</b>	<b>23</b>
<b>12</b>	<b>JÄMFÖRELSE MELLAN ALTERNATIVEN .....</b>	<b>24</b>
	<b>REFERENSER OCH KÄLLOR.....</b>	<b>26</b>

Bilaga 1. Kalkyl

Bilaga 2. Utsläppsdata

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Käppalaverket har två röttkammare i vilka primär- och överskottsslam rötas. Vid rötningen bildas rötgas, eller biogas, som består av 64% metan och resten mestadels koldioxid. År 2004 uppgick gasproduktionen till 5,3 MNm<sup>3</sup>, metanproduktionen var således 3,4 MNm<sup>3</sup>. Idag används ca 25% av gasen för egen uppvärmning.

Biogasen som produceras på Käppalaverket kan användas på fyra sätt

- Fordonsbränsle
- Fjärrvärme
- Kraftvärme
- Inblandning i stadsgasnätet

I dagsläget produceras värme i fyra gaspannor. År 2004 producerades 26,3 GWh varav 17,4 GWh såldes till Fortum för 3,8 MSEK motsvarande 22,4 öre/kWh. Mellanskillnaden, 8,9 GWh, användes för internt bruk. Det faktiska energivärdet för rötgasproduktionen, 5 400 000 \* 6,4 = 34,6 GWh, går idag ej att ta tillvara fullt ut. De fyra gaspannorna som är i drift idag är gamla (från 1960-talet) och ineffektiva, verkningsgraden ligger på ca 75%. Om Käppalaverket ska fortsätta producera fjärrvärme kommer man att ersätta pannorna med nya. De nya pannorna kommer att ha en verkningsgrad på ca 90%. I samtliga alternativa lösningar beräknar man kunna ta tillvara minst 90% av energin i producerad gas.

Fordonsbränsle framställt utifrån rötgas benämns biofordonsgas i rapporten för att ej förväxlas med biogas som är detsamma som rötgas eller fordonsgas framställt av naturgas.

## 1.2 Syfte

I februari 2006 sammanträder styrelsen för Käppalaförbundet för att besluta om hur Käppalaverket bäst bör använda sin biogas. Den här rapporten skall vara ett underlag inför det beslutet och syftar till att belysa de fyra alternativen samt jämföra dem med avseende på ekonomi/lösamhet, miljöbelastning samt systemutformning (leveranspunkter, vem ansvarar för vad). Alternativen som undersöks är

- Fordonsbränsle
- Fjärrvärme
- Kraftvärme
- Inblandning i stadsgasnätet

## 1.3 Metod

Granskning av tidigare studier. Samtal med intresserade parter.

## 1.4 Avgränsningar

Resultat- och miljövärdesberäkningar presenterade i rapporten speglar ett specifikt pris- och kostnadsläge. Med tillhörande excel-filer går det att laborera med andra utgångslägen.

# 2 Befintligt leveransavtal med Fortum Värme

## Avtalstid

Idag gäller ett avtal om värmeleveranser med Fortum Värme, utgångsdatum är 30 juni 2018. Avtalet förlängs automatiskt i perioder om 5 år om det inte skriftligt sägs upp av någondera parten senast 12 månader innan utgång.

Vid förtida uppsägning från Käppalaverkets sida skall Fortum Värme erhålla restvärde enligt formeln

$$\text{Restvärde} = \frac{\text{Köparens kostnad enligt §5}}{15 \text{ år}} \times \text{Kvarvarande år av den initiala avtalsperioden}$$

\*\*\*\*\*

Fortums kostnader för ny anläggning ("köparens kostnad enligt §5") har uppskattningsvis uppgått till ca 500 000 kr.

Restvärdet blir då ca 330 000 kr om avtalet sägs upp 2008.

#### **Intäkter**

Se alternativ 0 (idag) respektive alternativ 3 (nya gaspannor) i kalkylen, bilaga 1.

#### **Kostnader**

Se alternativ 0 (idag) respektive alternativ 3 (nya gaspannor) i kalkylen, bilaga 1.

### **3 Fjärrvärmebehov**

Käppalaverkets värmebehov täcks idag helt av den egna värmeproduktionen.

Värmeåtgång 2004:

egen produktion: 8,9 GWh

Två värderingssätt:

Alternativvärde – värde om sålt gasen istället: ca 2 MSEK (22,4 öre/kWh, 2004 års försäljningspris till Fortum)

Inspard kostnad – pris fått betala om köpt motsvarande mängd: ca 4,5 MSEK (50 öre/kWh, 2004 års inköpspris)

Utgående renat avloppsvatten innehåller värme. Värmepump kommer att installeras 2006/2007. Uppskattat fjärrvärmebehov (värmepump kan ej täcka hela värmebehovet) framöver om man väljer att inte producera värme själva: ca 5 GWh.

### **4 Förväntad ökning av biogasproduktionen**

År 2004 producerade Käppalaverket 34 GWh rötgas motsvarande 5,3 miljoner Nm<sup>3</sup>. Produktionen kommer successivt att öka och bedöms år 2009 uppgå till ca 40 GWh vilket motsvarar 6,3 miljoner Nm<sup>3</sup> biogas.

Produktionskapaciteten kommer att öka från dagens nivå till ca 40 GWh år 2009 i och med tillbyggnaden av en tredje röttkammare (beräknas stå 2008) och anslutningen av Värmdö 2009. Den normala belastningsökningen på verket uppgår dessutom till ca 1,5 – 2 % per år. Se tabell 1 för förändring i utvinningsbar gasmängd.

Tabell 1. Utvinningsbar mängd biogas.

	år 2004	år 2005	år 2006	år 2007	år 2008	år 2009	år 2010
<b>producerad energimängd</b>	34 GWh	34 GWh	34 GWh	35,5 GWh	37 GWh	40 GWh	40 GWh
<b>producerad rötgasmängd, MNm<sup>3</sup></b>	5,31	5,31	5,31	5,55	5,78	6,25	6,25
<b>metanmängd, MNm<sup>3</sup></b>	3,40	3,40	3,40	3,55	3,70	4,00	4,00
<b>98% fordonsgas, MNm<sup>3</sup></b>	3,47	3,47	3,47	3,62	3,78	4,08	4,08

Siffrorna i tabellen förutsätter 100%-ig utvinning av metanmängden i biogasen vilket inte är realistiskt, de verkliga mängderna kommer att bli något lägre.

En möjlig utveckling framöver är att vi får en ökad mängd organiskt avfall i slammet om användandet av hushållskvarnar blir mer allmänt. Riksdagens mål är att 30% av hushållsavfallet skall behandlas biologiskt år 2010. Mer organiskt avfall innebär ökad gasproduktion.

För kalkylerna i den här rapporten uppskattas gasproduktionen till 5,5 MNm<sup>3</sup> motsvarande 35,2 GWh.



## 5 Tidigare studier

### 5.1 SWECO VIAK, 2005

Titel: "Förutsättningar för att utnyttja biogas från Käppalaverket som fordonsbränsle för bussar och andra fordon."

#### 5.1.1 Studiens syfte och upplägg

Studien är beställd av SL, Lidingö Stad samt Käppalaförbundet.

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

För miljöpåverkan studeras tre scenarier av olika omfattning, 30 bussar, 37 bussar samt att 80% av den producerade biogasen vid Käppala (2004) används som fordonsbränsle.

#### 5.1.2 Studiens slutsatser

##### Tid

Det föreslagna fordonsbränslesystemet uppskattas kunna tas i drift ca 2 år efter fattat beslut om att påbörja upphandling.

##### Miljö

Emissioner till luft minskar 60-100% jämfört med om fordonen skulle drivas på diesel.

Den ekonomiska värderingen av de minskade utsläppen uppgår till

- för 30 bussar: 17 MSEK/år
- för 37 bussar: 20 MSEK/år
- 80% av Käppalas biogas: 29 MSEK/år.

##### Ekonomi

Följande investeringsbudget presenteras:

Figur 1. Investeringsbudget

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

För Käppalaverket är endast gasproduktionen av intresse, övriga delar belastar ej Käppalaverkets budget.

Den slutliga sammanställningen av årlig driftskostnad beräknas på volymen 2,6 miljoner Nm<sup>3</sup> fordonsgas, se figur 2.

Figur 2. Årlig driftskostnad

	Kr/Nm <sup>3</sup> CBG	Mkr/år
Rågas	2,00	5,2
Gasbehandling	1,65	4,3
Distribution	0,42	1,1
Tankning	1,48	3,8
Summa	5,55	14,4

För Käppalaverket är endast gasbehandlingen av intresse inför valet av avsättning för biogasen.

\*\*\*\*\*

### 5.1.3 Kommentarer till studien

Studien presenterar alternativ för hur fordonsgasanläggningen kan utformas rent tekniskt och vilka hänsyn som måste beaktas inför en uppbyggnad (förutsättningar, säkerhetsaspekter, tillstånd). Investeringskostnader och miljövinster uppskattas. I den här rapporten granskas enbart de avsnitt i studien som handlar om miljö, ekonomi, samt rekommendationer.

Gasbehandlingsanläggningen beräknas kosta 30 MSEK. Förmodligen rör det sig snarare om 35 MSEK. Med endast ett gasbehandlingsaggregat i ett första skede (istället för två som antagits) minskar dock investeringen med 11 MSEK. Totalt landar vi alltså på 24 MSEK.

I rapporten används genomgående benämningen biogas vilket är något förvirrande. Vad som avses är fordonsgas då biogas allmänt anses synonymt med rötgas, dvs obehandlad gas med 64%-ig metanhalt.

Sammanfattningsvis menar studien att maximalt 2 600 000 Nm<sup>3</sup> biofordonsgas kan köpas av SL varje år. I samtal med SL har SL dock klargjort att de vill köpa all gas Käppalaverket kan leverera.

Då studien först utkom i oktober 2004 uppgavs att den miljömässiga vinsten för de tre scenarierna (30, 37 respektive 50 bussar plus Lidingö Stads övriga fordon i sista alternativet) uppgick till 75, 89 respektive 125 MSEK. Detta har nu i november 2005 reviderats till 17, 20 respektive 29 MSEK.

Studien behandlar inte vilken intäkt Käppalaverket kan få.

I studien råder förvirring beträffande hur stor mängd gas SL och Lidingö Stad har användning för. I avsnitt 2.5 (Totala biogaspotentialen) anges att åtgången biofordonsgas per år skulle uppgå till 1,75 miljoner Nm<sup>3</sup> respektive 2,55 miljoner Nm<sup>3</sup> beroende på om Lidingöbanan kvarstår eller läggs ned. I avsnitt 9 (Miljöpåverkan) räknar man på tre scenarier som respektive innefattar 1,34 miljoner Nm<sup>3</sup>, 1,65 miljoner Nm<sup>3</sup>, samt 2,33 miljoner Nm<sup>3</sup>. Man är således inte konsekvent i sin uppskattning av biofordonsgasåtgång mellan avsnitten.

Flera tabeller är svårtydda då de saknar kolumnrubriker.

## 5.2 Osele Energiteknik AB, 2005

Titel: "Hur nyttiggöra biogasen vid Käppalaverket?"

### 5.2.1 Studiens syfte

Studien är beställd av Käppalaverket och jämför alternativen

- alternativ A: biogas för egen uppvärmning samt värmeleverans till Fortum Värme = befintlig lösning
- alternativ B: biogas som fordonbränsle
- alternativ C: biogas som LNG-inblandning i Fortum Värme stadsgasnät
- alternativ D: biogas för kraftvärmeproduktion.

### 5.2.2 Studiens slutsatser

- alternativ A, fjärrvärme

Detta alternativ förordas då man menar att Käppalaverket redan idag har en förnuftig användning av biogasproduktionen och att man genom gällande avtal med Fortum erhåller inkomster på nära 4 MSEK/år utan egentliga investeringar. Totalvärdet av den egna uppvärmningen samt värmeleveransen till Fortum kalkyleras till ca 6,6 MSEK/år eller 1,20 kr/Nm<sup>3</sup> biogas.

- alternativ B, fordonbränsle

Det här alternativet förordas ej. Resonemanget här grundas helt på SWECO-studien från 2004. Då SWECOs studie tidigare innehöll felaktiga värden på miljövinster av minskade utsläpp blir resonemanget här i Oseles studie delvis felaktiga. Studien är vidare kritisk till att SWECO valt att utgå från en biofordonsgasmängd på 2 600 000 Nm<sup>3</sup> när man räknat på de ekonomiska förutsättningarna. Gasmängden bedöms vara alltför hög och med en rimligare bedömning menar man att biofordonsgaspriset skulle överstiga dieselpriiset med god marginal.

\*\*\*\*\*

- alternativ C, inblandning i LNG

Alternativet bedöms inte aktuellt under det närmsta året med hänvisning till tidplanen för utbyggnaden av LNG-nätet som man menar ligger allt för långt fram i tiden.

- alternativ D, kraftvärme

Alternativet förordas som en möjlig lösning med en årlig intäkt på 4,6 MSEK/år och en miljövinst pga minskade utsläpp från kolkraft som värderas till ca 20 MSEK/år.

Elproduktionen, som uppskattas kunna uppgå till 13,3 GWh, skulle användas för egen förbrukning och stå för halva årsförbrukningen. Värdet av den egna elproduktionen fastställs till ca 1,7 MSEK/år (värdet av inbesparad elkraft 4,65 MSEK minskat med värdet av förlorad värmeproduktion 2,98 MSEK). Till detta läggs värdet av handel med elcertifikat som uppskattas till 2,93 MSEK/år, vilket totalt ger intäkten 4,6 MSEK/år.

Total investering uppskattas till 6-7 MSEK.

### 5.2.3 Kommentarer till studien

Ingen hänsyn tas till framtida volymändringar i produktionen av biogas.

**Alt A:** nya gaspannor förändrar situationen, från 75% till 90% effektivitet.

**Alt B:** bedömningen av miljövärdet grundar sig på felaktiga siffror och är därför inte relevant. Kritiken mot SWECOs bedömning av SLs gasbehov är inte längre relevant då SL nu sagt sig villiga att köpa Käppalaverkets hela gasproduktion.

**Alt C:** inga kommentarer.

**Alt D:** Osele-rapporten tar ej hänsyn till värdet av den fjärrvärme som produceras i alternativ D, och ej heller till vad en minskad värmeproduktion innebär för det gällande avtalet med Fortum avseende värmeleveranser.

Till värdet av elproduktionen tillkommer värdet av värmeproduktionen som kan säljas vilken utelämnats i rapporten. Värdet av värmen som kan säljas i det här alternativet, ca 20-9 GWh, är 2,5 MSEK med 2004 års genomsnittliga försäljningspris 22,4 öre/kWh. Totalintäkten i alternativ D borde således öka med 2,5 MSEK.

Vid elproduktion avgår skatt och elcertifikatsavgift, totalt 26,5 öre/kWh. Denna har inte tagits hänsyn till vid beräkning av intäkten. Vid elproduktionen 13,3 GWh innebär det en kostnad à 3,52 MSEK.

Enligt gällande avtal förbinder sig Käppalaverket att till Fortum ”leverera tillgängligt rötgasöverskott utöver sitt interna behov”. Enligt Osele-rapporten kan en kraftvärmemotor på 4 MW ”leverera halva årsförbrukningen av el och 70% av nuvarande värmeproduktion, leveranser till Fortum Värme inräknade”. Om idag gällande avtal tillämpas ordagrant lämnas inget utrymme för annan användning av biogas än värmeproduktion. Det är således inte omöjligt att Fortum vill kompenseras för bortfallet av värmeleverans. Förmodligen blir detta inte aktuellt eftersom ett nytt avtal om fjärrvärmeleveranser kommer att skrivas med Fortum om kraftvärmelösningen väljs.

Investeringen i en kraftvärmeanläggning beräknas till 6-7 MSEK i Osele-rapporten. Denna siffra är låg och det handlar förmodligen om närmare 15 MSEK.

## 6 Biogas som fordonbränsle

Metanhalten höjs från 64% till 98%. I dagsläget har tre kunder visat intresse för att köpa fordonsgas från Käppalaverket, nämligen Fortum, AGA samt SL.

Om Käppalaverket äger reningsanläggningen har man frihet att disponera biofordonsgas själv för t ex en egen mack.

Produktionen kommer att uppgå till

31,1 GWh biofordonsgas

2,4 GWh värme.

Värmen används internt på Käppalaverket för att delvis täcka det egna värmebehovet.

### 6.1 Ekonomi

#### Investeringskostnader

Innan rötgasen kan användas som fordonsgas måste den renas. Metanhalten höjs från 64% till 98%. Även en tryckhöjnings- samt avvattningsutrustning behövs. Oavsett vem Käppalaverket väljer att leverera biogas till, givet att man väljer fordonbränslelösningen, så måste en gasbehandlingsanläggning byggas. Den beräknas kosta ca 24 MSEK. Investeringsbidrag finns, s k KLIMP-bidrag, på 30% för miljöinvesteringar. Man kan anta att det är lättare för det kommunalägda Käppalaverket, eller SL, att få beviljat ett sådant bidrag än privata företag såsom Fortum eller AGA då investeringen antas komma samhället mer till gagn i kommunalägda organisationer.

För överskottsgasen som ej kan tas emot av CBG-anläggningen gäller att den görs värme av i gaspanna. Befintliga gaspannor ersätts av en ny, mindre, effektiv panna med verkningsgrad 90%. Kostnad ca 0,5 MSEK, och med kringutrustning maximalt 1 MSEK.

**Kapitalkostnad:** beräknad på 15 år och med en realränta på 3% blir 2,1 MSEK per år.

**Driftskostnad:** ca 600 000 kr/år.

#### Resultat

Resultatet varierar främst med biofordonsgasens försäljningspris och elpriset, men uppskattas till ca -10 MSEK (netto, inklusive kostnader för värme och el).

I kalkylen, bilaga 1, presenteras två uppställningar för drivmedelsalternativet. En första där Käppala står för investeringen i gasbehandlingsanläggningen och en andra där kunden gör det. I första fallet antas ett försäljningspris för biofordonsgasen på 47 öre/kWh, i det andra är prisnivån satt till den nivå där de två scenarierna är i paritet med varandra – 39,5 öre/kWh.

### 6.2 Systemutformning

Beror på om kund eller Käppalaverket står för gasbehandlingsanläggningen, se Fortums, SLs och AGAs förslag, avsnitt 6.4.1 – 6.4.3.

### 6.3 Miljövinster fordonsgas

Fordonsgas anses här ersätta traditionella drivmedel på marginalen, dvs diesel och bensin (95% blyfri). Utsläpp av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och partiklar minskar väsentligt vid en övergång till fordonsgas. Utsläppen av miljöfarliga kolväten från lätta fordon är 90 procent lägre vid metandrift än vid bensindrift. I tunga fordon är även utsläppen av kväveoxider låga. Att köra på naturgas minskar utsläppen av koldioxid med 15-20 procent jämfört med bensin och vid biogasdrift med närmare 100 procent (källa: Svenska Naturskyddsföreningen, www.snf.se, 2006-01-18).

Fortum avser att bygga upp en infrastruktur av tankstationer och rörledningar i Stockholm med omnejd. Detta verkar vara bättre för miljön än t ex AGAs lösning med trailertransporter med dieseldrivna lastbilar. AGA avser dock att köra biogasflaken med biogasdrivna lastbilar vilket gör deras lösning till ett miljövänligt alternativ. En biogasdriven lastbil garanteras, eventuellt två. Vid behov kan dock dieseldrivna transporter förekomma. Ur säkerhetssynpunkt är en rörledningslösning eventuellt att föredra. AGA kan tänka sig att bygga en sådan om det

\*\*\*\*\*

visar sig ekonomiskt försvarbart. AGAs flaklösning är dock relativt säker, se avsnitt 6.4.3.3. SL avser att dra en markledning mellan Käppala och SL-depån vid AGA. Den gas som inte nyttjas där kommer att trailas.

Egna spekulationer:

Med Fortum eller AGA som kund sprids biogasen till allmänheten då även privatbilister är deras kunder. Detta skulle kunna anses ge ett högre miljövärde (pga spridande av miljömedvetenhet) än om t ex utslutande SLs bussar tar del av gasen.

Teoretiskt sett ökar sannolikheten för att andra reningsverk väljer att leverera sin biogas till Fortum om dessa bygger ut infrastrukturen för fordonsgas med rörledningar i Stockholmsområdet. Miljönyttan blir alltså ännu större på sikt. Fortum menar att de kommer att kunna sälja all fordonsgas de kan få tag på. Intresset hos andra reningsverk kanske inte blir lika stort med SL som kund då biogasen ej når privatkonsumenter.

### 6.3.1 Värdering av miljönyttan

Parallellt med drivmedelsproduktionen kommer man att bedriva produktion av värme med överskottsgasen som ej kan nyttjas i CBG-anläggningen. Vid maximal energiutvinning produceras:

31,1 GWh biofordonsgas

2,4 GWh värme.

#### 6.3.1.1 Fordonsgas

Ett möjligt scenario för hur stor del av fordonsgasmängden som kommer att gå till tunga respektive lätta fordon är att SL och Lidingö Stad tillsammans nyttjar 2,33 MNm<sup>3</sup> fordonsgas (SWECO, 2005) för tunga fordon. Av 3,24 MNm<sup>3</sup> (se mängd drivmedel i kalkyler bilaga 1) blir då kvar 0,91 MNm<sup>3</sup> fordonsgas som för enkelhets skull antas säljas till privatbilister. I procent: 72% tunga fordon, 28% personbilar. Dieseldrivna fordon utgjorde 5% av personbilsparken vid årsskiftet 2004/2005 (SCB, 2005).

Det är svårt att göra en exakt jämförelse av olika bränslens miljöpåverkan. Det finns stora individuella skillnader i verkningsgrad mellan fordon och verkningsgraden varierar också mycket beroende på hur fordonet körs. Därför presenteras miljöpåverkan bäst i formen miljöpåverkan per MJ bränsle (Uppenberg et al., 1999).<sup>1</sup>

I den här rapporten presenteras miljöpåverkan från hela bränslecykeln, från råvaruutvinning till förbränning, inklusive transporter, enligt rekommendationer från IVL (Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, Svenska Miljöinstitutet).<sup>2</sup>

Utsläpp av CO<sub>2</sub> då biogas används som fordonsbränsle är icke-existerande. De utsläpp av CO<sub>2</sub> som redovisas nedan härstammar helt och hållet från produktion och transporter.

Generellt kan emissionsfaktorer för NO<sub>x</sub> och CO<sub>2</sub> bestämmas med god noggrannhet medan emissionsfaktorer för partikelutsläpp är behäftade med större osäkerhet (Uppenberg et al., 1999).

<sup>1</sup> Schablonverkningsgrader finns dock och har hämtats från Blinge et al. (1997). Dessa förutsätter förhållandevis nya fordon i provbänkskörningar och är högre än vad som normalt gäller för verklig trafik (Uppenberg et al., 1999). För miljöpåverkan per MJ bränsle nyttig energi (MJ på drivaxeln), dividerar man med verkningsgraden. Se bilaga 2.

<sup>2</sup> Utsläppsmängderna gäller biogas producerad av hushållsavfall. Data för biogas producerad av slam antas vara av samma storleksordning, med skillnad att energiförbrukningen och utsläpp av fossilt CO<sub>2</sub> blir något lägre pga mindre omfattande transporter. Medeltransportavståndet för hushållsavfall antas vara 10 km (Uppenberg et al., 1999). Data för utsläpp vid användning av fordon är framtagna av Motortestcentrum (MTC) på uppdrag av Alternativbränsleutredningen i syfte att skapa jämförbarhet mellan bränslealternativ (Uppenberg et al., 1999), se bilaga 2.

**Tabell 2.** Utsläpp från 31,1 GWh drivmedel. Beräknat utifrån utsläppsdata från Miljöfaktabok för Bränslen, IVL (Uppenberg et al. , 1999).<sup>3</sup>

	<b>Biogas</b> ton	<b>Diesel + blyfri</b> ton
<b>Nox</b>	14,7	62,9
<b>CO<sub>2</sub></b>	100,8	8 682,1
<b>Partiklar</b>	0,20	1,14

Se bilaga 2 för data vid utsläpp från drivmedel.

**Tabell 3.** Ekonomisk värdering av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och partiklar (källa: för NO<sub>x</sub> och partiklar - SIKA Rapport 2002:12, för CO<sub>2</sub> - SIKA Rapport 2002:13).

<b>Effekt</b>	<b>Ämne</b>	<b>Värdering</b>
Lokal	NO <sub>x</sub> Stockholms ytterstad	25 kr/kg *)
Global	CO <sub>2</sub>	0,8 kr/kg
Lokal	Partiklar Stockholms ytterstad	6000 kr/kg

\*) uppskattning, SWECO 2005

**Tabell 4.** Ekonomisk värdering av utsläpp av 31,1 GWh drivmedel.

	<b>Biogas</b> ksek/år	<b>Diesel + blyfri</b> ksek/år	<b>Vinst vid övergång</b> ksek/år
NO <sub>x</sub>	367	1 573	1 206
CO <sub>2</sub>	81	6 946	6 865
Partiklar	1 180	6 853	5 673
<b>Totalt</b>	<b>1 627</b>	<b>15 371</b>	<b>13 744</b>

Den totala miljövinsten i form av reducerade utsläpp av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och partiklar beräknas till ca 13,7 MSEK. Detta är en låg skattning eftersom produktionen av biogas vid Käppalaverket inte kräver några transporter.

### 6.3.1.2 Värmeproduktion i drivmedelsalternativet

Överskottsgasen bränns i värmepanna och alstrar 2,4 GWh värme.

**Tabell 5.** Utsläpp (kg !) vid värmeproduktion – 2,4 GWh. Beräknat utifrån utsläppsdata från Miljöfaktabok för Bränslen, IVL (Uppenberg et al. , 1999).

	<b>Biogas</b> kg	<b>Värtaverket</b> kg	<b>Kol</b> Kg
NO <sub>x</sub>	22	186	674
CO <sub>2</sub>	0	425 952	915 840
Partiklar	17,3	8,6	250,6

<sup>3</sup> Utsläppssiffrorna för biogas som drivmedel för tunga fordon är felaktiga i nuvarande upplagan av IVLs Miljöfaktabok för Bränslen (Lars-Gunnar Lindfors, IVL, januari 2006). De korrekta utsläppsvärdena används i beräkningen i den här rapporten.

\*\*\*\*\*

**Tabell 6.** Ekonomisk värdering av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och partiklar (källa: för NO<sub>x</sub> och partiklar - SIKA Rapport 2002:12, för CO<sub>2</sub> - SIKA Rapport 2002:13).

Effekt	Ämne	Värdering
Lokal	NO <sub>x</sub> Stockholms ytterstad	25 Kr/kg *)
Global	CO <sub>2</sub>	0,8 Kr/kg
Lokal	Partiklar Stockholms ytterstad	6000 Kr/kg

\*) uppskattning, SWECO 2005

**Tabell 7.** Ekonomisk värdering av minskade utsläpp vid värmeproduktion – 2,4 GWh.

	Biogas ksek/år	Värtaverket ksek/år	Vinst vid övergång från Värtaverket ksek/år	Kol ksek/år	Vinst vid övergång från kol ksek/år
NO <sub>x</sub>	1	5	4	17	16
CO <sub>2</sub>	0	341	341	733	733
Partiklar	104	52	-52	1 503	1 400
<b>Totalt</b>	<b>104</b>	<b>397</b>	<b>293</b>	<b>2 253</b>	<b>2 149</b>

### 6.3.1.3 Total miljönytta drivmedel

Miljönyttan av att använda biogas för framställning av drivmedel och att använda överskottsgasen för värmeproduktion. I tabell 8 jämförs värmeproduktionen med värme producerad vid Värtaverket. I tabell 9 jämförs värmeproduktionen med värme producerad utifrån kol. I tabellerna 8 och 9 summeras tabeller 4 och 7.

**Tabell 8.** Ekonomisk värdering av minskade utsläpp vid biofordonsgas – 31,1 GWh och värmeproduktion - 2,4 GWh. Värmeproduktionen jämförs med Värtans värmeverk.

	Biogas ksek/år	Diesel + blyfri Värme (Värtan) ksek/år	Vinst vid övergång ksek/år
NO <sub>x</sub>	367	1 578	1 210
CO <sub>2</sub>	81	7 286	7 206
Partiklar	1 283	6 904	5 621
<b>Totalt</b>	<b>1 731</b>	<b>15 769</b>	<b>14 037</b>

**Tabell 9.** Ekonomisk värdering av minskade utsläpp vid biofordonsgas – 31,1 GWh och värmeproduktion - 2,4 GWh. Värmeproduktionen jämförs med **kolkraft**producerad värme i värmeverk.

	Biogas ksek/år	Diesel + blyfri Värme (Kol) ksek/år	Vinst vid övergång ksek/år
NO <sub>x</sub>	367	1 590	1 222
CO <sub>2</sub>	81	7 678	7 598
Partiklar	1 283	8 356	7 073
<b>Totalt</b>	<b>1 731</b>	<b>17 624</b>	<b>15 893</b>

### Infångad CO<sub>2</sub>

Rötgasen består till ca 35% av CO<sub>2</sub> som avskiljs vid reningen. Beräknat på 5,5 MNm<sup>3</sup> rötgas kan man ta tillvara 1,9 MNm<sup>3</sup> koldioxid per år. En tanke var att den infångade CO<sub>2</sub> skulle kunna säljas. Den används t ex vid buffring av bassänger och vid tillverkning av kolsyrade drycker. Det är dock inte lönsamt eftersom kostnaden för rening är för hög i förhållande till möjlig intäkt. Vidare är miljövärdet på infångad CO<sub>2</sub> inte beständigt eftersom koldioxiden inte binds långvarigt. Dessutom är den CO<sub>2</sub> som AGA idag säljer oftast (i Sverige) en restprodukt

\*\*\*\*\*

från industrier och har således ingen egentlig produktionskostnad, och ej heller någon miljökostnad vid framställning. Koldioxiden kan ej användas i Käppalaverkets interna processer. Eventuellt skulle den kunna säljas till större växthus.

## **6.4 Intressenter**

### **6.4.1 Fortum**

Fortum är intresserade av att köpa all biogas som Käppalaverket kan leverera. Biogasen kommer i ett första skede att blandas in i det befintliga stadsgasnätet och i det andra (fr o m 2008) renas för att anslutas till ett fordonsgasnät med gasstationer i Stockholms innerstad. Inblandning i stadsgasnätet kan påbörjas när rörledning (byggs och betalas av Fortum) mellan Käppala och Värtan finns på plats, att bygga denna beräknas ta 1 år. Fram till dess fortsätter Käppala att bränna gasen i befintliga gaspannor för att leverera fjärrvärme enligt nu gällande avtal med Fortum.

Till Fortums fordonsgasnät är även reningsanläggningarna i Åkeshov och Henriksdal anslutna. Fordonsgasnätet utnyttjas för att bygga upp en infrastruktur för fordonsgas i Stockholm med tankställen utefter nätet. Fortums tanke är att transportera gasen till Fortums stadsgasnät och att sälja gasen till SL vid AGA-depån som s k gröngas.

#### **6.4.1.1 Fortums förslag i korthet**

##### **Gas Etapp 1**

Köp av rötgas vid leveranspunkt i Käppala.

Ledning mellan Käppala och gasverket byggs.

Rötgasen blandas in i befintligt stadsgasnät och ersätter befintligt bränsle idag.

Kunder som vill ha en miljöprofil kan då abbonera på biogas (till en merkostnad) enligt gröngasprincipen.

##### **Gas Etapp 2**

Produktionen av rötgas utökas till 40 GWh.

Fortums satsar på ett nät för fordonsgas med gasstationer i innerstaden och med tre anslutningspunkter för biogas – Hammarby sjöstad, Åkeshov och Käppala.

Fortum eller Käppala investerar i reningsanläggning vid Käppala.

Tankställe byggs på Lidingö och i Ropsten.

Taxibilar och bussar som går till Arlanda erbjuds fordonsgas.

##### **Fjärrvärme**

Fortum erbjuder sig att köpa fjärrvärme i en leveranspunkt vid Käppalaverket enligt gällande avtal.

Fortum erbjuder sig att leverera fjärrvärme i en leveranspunkt vid Käppalaverket, förslagsvis i enlighet med för tidpunkten gällande fjärrvärmepris

##### **Åtagande Käppala**

Käppala åtar sig att leverera all rötgas enligt teknisk specifikation från Fortum.

##### **Villkor**

Volym i början ca 26 GWh och efter utbyggnad 40 GWh.

Leveransavtal tecknas mellan Fortum och Käppala på 30 år.

Leveranspunkt är i Käppala där en mätare installeras.

Fortum får rådighet över mark och kan dra ledningen mellan Käppala och Gasverket.

Allt givet att förslaget blir godkänt av Fortum Värmes och Käppalas styrelse.

Restvärdet, ca 330 000 kr, som skall betalas av Käppalaverket vid avslutande av leveranser enligt idag befintligt avtal utgår då nytt kontrakt skrivs med Fortum.

\*\*\*\*\*



### 6.4.1.2 Intäkter innan fordonsbränslefasen

Att få en biofordonsgaslösning i produktion tar 2-2,5 år. Fram till dess vill Fortum i ett första skede blanda in biogasen i stadsgasnetet. Detta kräver dragning av markledning från Käppala till Värtan, beräknas ta ca 1 år. Under tiden fortsätter Käppalaverket att leverera fjärrvärme till Fortum enligt nu gällande avtal. För fjärrvärme och stadsgaslösningarna blir intäkterna de följande (två prisnivåer: en upp till 26 GWh, en över 26 GWh).

Tabell 10. Intäkter från Fortum, innan fordonsbränslefasen

	2006	2007
	Fjärrvärme	Stadsgas
<b>Tillgänglig rötgasproduktion, MWh</b>	27 000	35 500
<b>Värme för eget bruk</b>	10 000	
<b>Rötgas för försäljning, grundpris</b>	17 000	26 000
<b>Grundpris per MWh, kr</b>	224	250
<b>Rötgas för försäljning, högre pris</b>	0	9 500
<b>Högre pris per MWh, kr</b>	224	280
<b>INTÄKT, Msek</b>	3 808 000	9 160 000

För 2006 antas att man fortsätter använda de gamla gaspannorna med 75% verkningsgrad. Från 2007 och framåt blir det ingen effektivitetsförlust, all energi kan utvinnas.

### 6.4.2 SL

Följande framkom vid möte mellan Käppalaförbundet, SL och Lidingö Stad 2006-01-10.

SL kan ta emot all gas som produceras vid Käppalaverket. Flexibilitet finns, bussdepåns storlek anpassas efter tillgänglig gasvolym. SL är öppna för olika alternativ efter vad som passar Käppalaförbundet. Med trailerhanteringsutrustning för överskottsgas skall 100% av drivmedelsgasen kunna tas tillvara.

Depån vid AGA står för huvudavsättningen av gasen, resten säljs vidare - eventuellt till AGA som ska upprätta biogasmackar i Stockholm. SL säljer vidare det man ej behöver för eget bruk, t ex till AGA.

Avseende gasåtgång kan SL se till att det finns gas till Käppalas slamtransporter samt egna fordon. Gas finns även att reservera till Lidingö stads fordon. Lidingö Stad vill kunna nyttja gas för sina fordon men vill ej binda upp sig för inköp av viss volym. Avropsavtal.

Jonas Strömberg, SL, menar att 95% av biogasen skall nyttjas på Lidingö.

Ledtid: 2-2,5 år från beslut. Avseende tidplan vill SL starta så fort som möjligt och kan göra investeringar i gasbussar utan dröjsmål. Tidskritisk faktor: gasledning i mark

SL avser att ingå i ett långsiktigt samarbete där båda parter samverkar för att stärka sina miljöprofiler.

Projektet uppfyller kraven för att få KLIMP bidrag – gemensam ansökan för hela anläggningen på Käppalaverket bör göras.

#### 6.4.2.1 Gränssnitt och tekniska frågor

Rötgasen renas i gasbehandlingsanläggning på Käppala. Lämplig byggnad för gasbehandlingsanläggning finns redan. Gasbehandlingsanläggningen omfattar tryckhöjning, gasrening, torkning, odörisering samt kvalitetskontroll. Gasbehandlingsaggregat - två stycken à 11 MSEK styck kalkylerade i SWECOs rapport. I ett första steg är det dock aktuellt med ett aggregat, därefter utreds behovet av eventuellt ytterligare ett aggregat. Leveranspunkten ligger vid staketgräns. SL är även öppna för andra alternativ.

Tappställe på Käppalaverket: 40 000 – 90 000 kronor för Fuelmaker (långsam tankning över natt). Anläggning för snabbtankning (för slambilar) kostar ca 5-600 000 kr. Enklast tanka slambilarna vid SLs depå, tillgänglighet ordnas.

Kvalitetskrav på gasen enligt standard redovisad i SWECOs rapport. Metanhalten skall ligga på 98 +/-1.

Back-up med LNG (liquid natural gas) – störst säkerhet om den ligger vid SLs depå, eventuellt saknas dock utrymme där. Back-upen används som tredje alternativ efter biogas från först gaslager och sedan flak.

Bemannning gasbehandlingsaggregat: ca 250 tim/aggregat dvs ca 0,5 tim per dag. Käppalaverket tror detta kan skötas av ordinarie drift.

#### **6.4.2.2 Tillstånd**

Tillstånd – förteckning över vilka som krävs finns i SWECO rapporten

Kommunen utfärdar tillstånd – bör klaras av snabbt

Tillståndsbiten bedöms ej vara ett problem

#### **6.4.2.3 Ersättning**

SL har i ett liknande avtal med Stockholm Vatten fastställt ersättning till självkostnad vid framställning (el, vatten etc.) plus ett vinstpåslag. Ersättningen är kopplad till relevanta kostnadsökningar. SL kan se ett liknande avtal som grund för avtalsdiskussion med Käppalaförbundet inkluderande lämplig prisjustering. Avtalet kan även reglera exempelvis gemensam marknadsföring, profilering och information.

#### **6.4.3 AGA**

Nedan följer AGAs egna beskrivning (något förkortad) av ett samarbete kring biogas för fordonsbränsle.

##### **6.4.3.1 Översiktlig systembeskrivning**

Käppalaverket står för gasbehandlingen (rening, torkning och komprimering). Genom att komprimera gasen på produktionsplatsen åstadkoms bästa processeffektivitet.

Leveransgräns till AGA förslås bli efter komprimering, där AGA köper komprimerad och renad biogas av fordonskvalitet enligt SIS standard (min 97% metan).

AGA investerar i lagringskapacitet för komprimerad och renad biogas och sköter all distribution av biogasen. När det gäller lagerutrymme och fyllningsplats för komprimerad biogas bygger Käppalaverket en betongplatta för uppställning och fyllning av så kallade växelflak (transportabla lager) där AGA kan koppla in växelflak och hämta för distribution.

Vid Käppalas anläggning sätts en biogasdispenser upp för att tillgodose Käppalas eget behov av biogas som fordonsbränsle.

##### **6.4.3.2 Fyllning av växelflak**

Fyllning av växelflak sköts via en sekventiell fyllning där ett flak i taget fylls av produktkompressor. AGA (och Käppala) har kontinuerlig kontroll över vilka lagervolymer som finns tillgängliga. I det fall delar av produktionen skall levereras till SL via rörledning sker fyllning av växelflak efter överenskommelse med SL.

##### **6.4.3.3 Distribution**

Distribution av komprimerad gas sker normalt med tre växelflak per gång (1 på bilen och 2 på släpet) Varje växelflak rymmer ca 2000 m<sup>3</sup> komprimerad gas och är indelad i sex sektioner för högsta säkerhet. I praktiken betyder detta att om en olycka inträffar läcker endast ca 350 m<sup>3</sup> gas (motsvarande energivärde för 400 liter bensin) ut. Då gasen är betydligt lättare än luft ansamlas inte gas vid marken utan stiger snabbt uppåt. Genom att

\*\*\*\*\*

antändningstemperatur och antändningsenergi är höga för biogas är det betydligt svårare att antända biogas än andra bränslen.

Distributionen är avsedd att till största delen gå med fordon drivna av biogas för att därmed minimera miljöbelastningen. 6000 m<sup>3</sup> per transport = ca 500 transporter/år = 1-2 transporter/dag.

#### **6.4.3.4 Utbyggnad av tankställen/Slutförbrukning**

AGA håller på med en kraftig utbyggnad av antalet tankstationer för biogas. Under 2006 räknar AGA med att bygga 6-7 st nya stationer i Stockholmsområdet. För att kunna fortsätta utbyggnaden krävs dock att det finns biogas att försörja nya stationer med. Under 2006 och 2007 finns det ett överskott vid Henriksdals reningsverk då många av SLs biogasdrivna bussar inte kommer att vara i drift förrän 2008 men för en utbyggnad 2008 och framåt krävs mer biogasvolym från regionen.

AGA föreslår här ett samarbete där man tillsammans med kommuner anslutna till Käppala söker miljöinvesteringsbidrag. Exempelvis kan i samband med investering i reningsanläggning för biogas ansökas om bidrag för fem nya tankstationer som lämpligen placeras i de kommuner där biogasens råvara "produceras". Käppala investerar sedan i reningsanläggning och AGA i tankstationerna.

På detta sätt kan biogasens miljöfördelar som det mest miljövänliga fordonsbränslet komma invånarna i Käppalas anslutna kommuner till del.

Beroende på mängden biogas AGA kan erhålla från Käppala har AGA för avsikt att bygga ett antal tankningsställen för biogas inom de kommuner som tillhör Käppalas upptagningsområde. De kommuner som har ett offensivt program gällande miljövänliga fordon kommer att prioriteras vid en sådan utbyggnad.

AGA kan tänka sig ett, för Käppalaverket, transparent avtal gentemot SL för försäljning av biofordonsgas till SLs busspark.

#### **6.4.3.5 Ersättning**

Prisjustering sker förslagsvis via reglering med elkostnadsindex.

## **7 Biogas till fjärrvärmeproduktion**

Förbränning i värmepanna för att producera fjärrvärme.

Värmeproduktion: 31,0 GWh.

Käppalaverket nyttjar 9 GWh för eget behov.

Nollalternativet, att behålla dagens lösning med befintliga värmepannor, finns ej. Befintliga värmepannor måste bytas ut, beräknad kostnad 5 MSEK +/- 20% (förutsatt att spetsbehov kan köpas av Fortum, annars 10 MSEK). Verkningsgraden höjs från dagens 70-75% till ca 90%.

Möjliga kunder: Fortum och Vattenfall.

Fortum kan (förmodligen) ta emot all fjärrvärme, Vattenfall kan det inte. Vattenfall kan dessutom inte ta emot någon värme alls på sommaren (uppgift från Lars Färnstrand). Eventuellt finns möjlighet att köpa två oljepannor av Vattenfall som står i anslutning till Käppalaverket.

### **7.1 Ekonomi**

Investering i nya gaspannor: ca 10 MSEK.

Årlig kapitalkostnad beräknad på 15 år och 3% realränta: ca 800 000 kr.

Driftskostnad: ca 400 000 kr.

Resultat: ca -14,7 MSEK (netto, inklusive kostnader för värme och el)

Se kalkyl i bilaga 1.

### **7.2 Systemutformning**

Samma som idag.

\*\*\*\*\*

## 7.3 Miljövinster fjärrvärme

Fjärrvärme producerad utifrån förbränning av biogas jämförs dels med fjärrvärme producerad vid Värtaverket, dels med fjärrvärmeproduktionen på marginalen, dvs kolkraft.

### 7.3.1 Värdering av miljönyttan

Det är svårt att värdera miljönyttan av biogasframställd värme. Värderingen av partiklar har stor genomslagskraft på totalvärdet. Mängden partiklar är avhängig av vilket bränsle man ersätter, kol ger upphov till 3,2 ton partiklar och bränslemixen vid Värtaverket<sup>4</sup> endast 112 kg (se tabell 11). Vidare ändras värderingen av partikelutsläpp beroende på var geografiskt utsläppet sker som syns i tabell 12.

**Tabell 11.** Utsläpp vid värmeproduktion med 31,0 GWh bränsle. Biogas och kol: beräknat utifrån utsläppsdata från Miljöfaktabok för Bränslen, IVL (Uppenberg et al., 1999). Siffror för Värtaverket enligt uppgift från Fortum.

	<b>Biogas</b> Ton	<b>Värtaverket</b> Ton	<b>Kol</b> ton
NO <sub>x</sub>	0,3	2,4	8,7
CO <sub>2</sub>	0,0	5 501,9	11 829,6
Partiklar	0,22	0,11	3,24

**Tabell 12.** Ekonomisk värdering av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och partiklar (källa: för NO<sub>x</sub> och partiklar - SIKA Rapport 2002:12, för CO<sub>2</sub> - SIKA Rapport 2002:13).

Effekt	Ämne	Värdering
Lokal	NO <sub>x</sub> Stockholms ytterstad	25 kr/kg *)
Global	CO <sub>2</sub>	0,8 kr/kg
Lokal	Partiklar Stor Stockholm yttre	2400 kr/kg
Lokal	Partiklar Stockholms ytterstad	6000 kr/kg
Lokal	Partiklar Stockholms innerstad	9500 kr/kg

\*) uppskattning, SWECO 2005

**Tabell 13.** Ekonomisk värdering av utsläpp vid värmeproduktion - 31,0 GWh.

	<b>Biogas</b> ksek/år	<b>Värtaverket</b> ksek/år	<b>Vinst vid övergång från Värtaverket</b> ksek/år	<b>Kol</b> ksek/år	<b>Vinst vid övergång från kol</b> ksek/år
NO <sub>x</sub>	7	60	53	218	210
CO <sub>2</sub>	0	4 402	4 402	9 464	9 464
Partiklar	1 339	670	-670	19 418	18 079
<b>Totalt</b>	<b>1 346</b>	<b>5 131</b>	<b>3 785</b>	<b>29 100</b>	<b>27 753</b>

## 8 Biogas till el- och fjärrvärmeproduktion

Förbränning i kraftvärmepanna för att producera el (30-40%) och fjärrvärme (60-70%). Fortum köper fjärrvärmerna, Käppalaverket använder den producerade elen för eget bruk (50-65% av totalbehovet täcks).

Elproduktion: 10,9 GWh

Värmeproduktion: 19,2 GWh

Totalt: 30,1 GWh

Av värmeproduktionen kommer Käppalaverket att nyttja 9 GWh för eget behov.

<sup>4</sup> Värmeproduktion vid Värtaverket, tillförd energi: 40% kol, 5,5% fossilolja, 1% fossilgas, 16% el, 11% bioolja, 2% biobränsle, 24% spill/sjövatten.

\*\*\*\*\*

## 8.1 Ekonomi

Investering i kraftvärmepanna: ca 15 MSEK.

Årlig kapitalkostnad beräknad på 15 år och 3% realränta: ca 1 300 000 kr.

Driftskostnad: ca 1 200 000 kr.

Resultat: ca -11,5 MSEK (netto, inklusive kostnader för värme och el)

För överskottsgasen som ej kan tas emot av kraftvärmepannan gäller att den görs värme av i gaspanna. Idag befintliga gaspannor ersätts av en ny, mindre, effektiv panna med verkningsgrad 90%. Kostnad ca 0,5 MSEK, och med kringutrustning maximalt 1 MSEK.

Se kalkyl i bilaga 1.

## 8.2 Systemutformning

Käppalaverket äger och ansvarar för hela kraftvärmeanläggningen. Fortum fortsätter att köpa fjärrvärme som idag. Systemutformningen för fjärrvärmedelen densamma som idag.

## 8.3 Miljövinster kraftvärme

El som produceras utifrån biogas jämförs dels med den ordinarie elproduktionen på marginalen, dvs kolkraft, dels med en "Sverigemix" av elproduktion bestående av 50% vattenkraft, 40% kärnkraft, 6% fossilkraft, 4% biobränsle och avfall, ca-siffror för 2003 (Statens energimyndighet, STEM, 2005).

### 8.3.1 Värdering av miljönyttan

#### 8.3.1.1 Elproduktion i kraftvärmealternativet

Elproduktion: 10,9 GWh

**Tabell 14.** Utsläpp vid elproduktion – 10,9 GWh. Biogas och kol: beräknat utifrån utsläppsdata från Miljöfaktabok för Bränslen, IVL (Uppenberg et al. , 1999). Siffror för Sverigemix beräknade utifrån data från IEAs (International Energy Agency) Energy Statistics of OECD Countries 2002-2003, 2005 Edition.

	<b>Biogas</b> ton	<b>Sverigemix</b> Ton	<b>Kol</b> ton
NO <sub>x</sub>	2,3	0,50	3,8
CO <sub>2</sub>	0,0	434,9	8 240,4
Partiklar	0,078	0,079	2,315

**Tabell 15.** Ekonomisk värdering av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och partiklar (källa: för NO<sub>x</sub> och partiklar - SIKA Rapport 2002:12, för CO<sub>2</sub> - SIKA Rapport 2002:13).

<b>Effekt</b>	<b>Ämne</b>	<b>Värdering</b>
Lokal	NO <sub>x</sub> Stockholms ytterstad	25 kr/kg *)
Global	CO <sub>2</sub>	0,8 kr/kg
Lokal	Partiklar Stor Stockholm yttre	2400 kr/kg
Lokal	Partiklar Stockholms ytterstad	6000 kr/kg
Lokal	Partiklar Stockholms innerstad	9500 kr/kg

\*) uppskattning, SWECO 2005

**Tabell 16.** Ekonomisk värdering av minskade utsläpp vid elproduktion – 10,9 GWh.

	<b>Biogas</b>	<b>Sverigemix</b>	<b>Vinst vid övergång Från Sverigemix</b>	<b>Kol</b>	<b>Vinst vid övergång från kol</b>
	ksek/år	ksek/år	ksek/år	ksek/år	ksek/år
NO <sub>x</sub>	58	13	-45	96	38
CO <sub>2</sub>	0	348	348	6 592	6 592
Partiklar	471	476	5	13 891	13 420
<b>Totalt</b>	<b>529</b>	<b>836</b>	<b>307</b>	<b>20 579</b>	<b>20 051</b>

### 8.3.1.2 Värmeproduktion i kraftvärmealternativet

Värmeproduktion: 19,2 GWh

**Tabell 17.** Utsläpp vid värmeproduktion – 19,2 GWh. Biogas och kol: beräknat utifrån utsläppsdata från Miljöfaktabok för Bränslen, IVL (Uppenberg et al., 1999). Siffror för Värtaverket enligt uppgift från Fortum.

	<b>Biogas</b>	<b>Värtaverket</b>	<b>Kol</b>
	ton	ton	ton
NO <sub>x</sub>	0,2	1,5	5,4
CO <sub>2</sub>	0,0	3 401,8	7 314,1
Partiklar	0,14	0,07	2,00

**Tabell 18.** Ekonomisk värdering av minskade utsläpp vid värmeproduktion – 19,2 GWh.

	<b>Biogas</b>	<b>Värtaverket</b>	<b>Vinst vid övergång Från Värtaverket</b>	<b>Kol</b>	<b>Vinst vid övergång från kol</b>
	ksek/år	ksek/år	ksek/år	ksek/år	ksek/år
NO <sub>x</sub>	4	37	33	135	130
CO <sub>2</sub>	0	2 721	2 721	5 851	5 851
Partiklar	828	414	-414	12 006	11 178
<b>Totalt</b>	<b>832</b>	<b>3 173</b>	<b>2 340</b>	<b>17 992</b>	<b>17 160</b>

### 8.3.1.3 Total miljönytta kraftvärme

Det är svårt att värdera miljönyttan av biogasframställd el och värme. Värderingen av partiklar har stor genomslagskraft på totalvärdet. Mängden partiklar är avhängig av vilket bränsle man ersätter, kol ger upphov till ett enormt mycket högre utsläpp av partiklar jämfört med bränslemixen vid Värtaverket eller Sverigemix. Vidare ändras värderingen av partikelutsläpp beroende på var geografiskt utsläppet sker som synes i tabell 15 ovan.

I tabell 19 summeras tabeller 16 och 18.

**Tabell 19.** Ekonomisk värdering av minskade utsläpp vid elproduktion – 10,9 GWh - och värmeproduktion – 19,2 GWh.

	<b>Biogas</b>	<b>El: Sverigemix Värme: Värtaverket</b>	<b>Vinst vid övergång</b>	<b>Kol</b>	<b>Vinst vid övergång från kol</b>
	ksek/år	ksek/år	ksek/år	ksek/år	ksek/år
NO <sub>x</sub>	62	50	-13	231	168
CO <sub>2</sub>	0	3 069	3 069	12 444	12 444
Partiklar	1 299	890	-409	25 897	24 598
<b>Totalt</b>	<b>1 361</b>	<b>4 009</b>	<b>2 647</b>	<b>38 571</b>	<b>37 210</b>

\*\*\*\*\*

## 9 Biogas som stadsgas

Finns ej som enskild lösning – del av Fortums förslag, inblandning i stadsgasnätet under tiden som fordonsgassystemet byggs klart. Denna lösning kommer att användas i maximalt ett år, förutsatt att fordonsgaslösningen väljs och att Fortum blir kund. Inga vidare beräkningar görs här.

## 10 Diskussion av miljövärderingarna

Utsläppen för biogas är beräknade utifrån antagandet att biogasen produceras av hushållsavfall som kräver transporter<sup>5</sup>. Råvaran för Käppalaverkets biogasproduktion, avloppsvatten, kräver inga transporter alls. Restprodukten, slammet, transporteras dock bort från verket med lastbil. Utsläppsvärdena inbegriper således en uppskattning av utsläppen från transporterna av restprodukten. Käppalas transporter är längre än de som uppskattats för hushållsavfall, men mängden transporterad restprodukt är förmodligen mindre än hushållsavfallsmängden, och antalet transporter således lägre.

I ett ytterligare resonemang kan man hävda att utsläppen från transporter här borde sättas till närmare noll eftersom produktionen av biogas inte genererar några mertransporter. Rötgasen produceras redan idag, och bortforslingen av slam sker oavsett om man använder gasen för tillverkning av biofordonsgas eller som bränsle vid el- respektive värmeproduktion. Vid en el- eller fjärrvärmelösning sker heller inga transporter av den färdiga produkten från Käppalaverket då gasen skall transporteras i markledning. Transporter av den färdiga biofordonsgasen sker i olika omfattning beroende på vilken kund som köper den av Käppala, de har olika transportlösningar

Utsläppsvärdena för diesel och blyfri bensin, liksom de för kol som bränsle vid el- och värmeproduktion, inkluderar såväl transport- som produktionsutsläpp. Därför har jag här valt att göra detsamma för biofordonsgas och biogas som bränsle vid el- och värmeproduktion. På detta vis blir jämförelserna här gjorda dessutom mer generella och speglar även miljövinsten vid bio(fordon)gasanvändning med annan produktion av rötgas än enbart den vid Käppalaverket. Det ger också en mer konservativ uppskattning av miljönyttan och risken för att den ska vara för högt värderad är alltså lägre.

Vad gäller utsläppsvärdena för värmeproduktion vid Värtaverket, samt utsläppen av en ”Sverigemix”- producerad el, så inbegriper de *inte* transport- och produktionsutsläpp. Detta innebär en brist i jämförelserna som görs, men den slutliga miljönyttan bedöms ändå vara av samma storleksordning som den som här räknas fram.

## 11 Elprisets inverkan

Elpriset har relativt stor inverkan på vilket alternativ som är mest lönsamt för Käppalaverket.

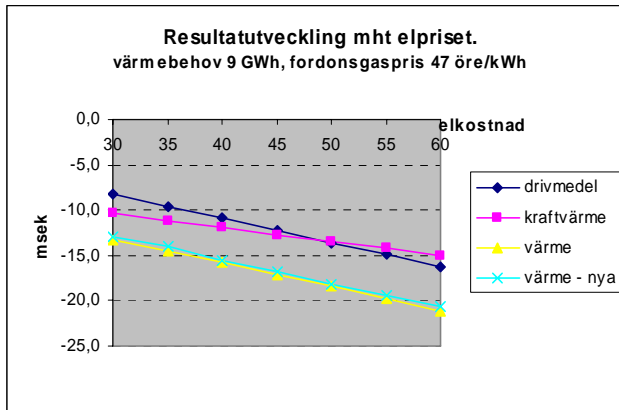
Nedan följer diagram över resultatutvecklingen dels med avseende på elpriset, dels med avseende på väntad produktionsökning. Beroende på Käppalaverkets interna värmebehov, 5 GWh med värmepump i utvattnet och 9 GWh i dagsläget, varierar resultatet. I båda fallen antas ett fordonsgaspris på 47 öre/kWh.

---

<sup>5</sup> Biogasen i sig antas generera samma utsläpp oavsett om den kommer från slam eller hushållsavfall (Uppenberg et al., 1999).

## Känslighetsanalys med hänsyn till elpriset för olika värmebehov.

Diagram 1. Resultatutveckling med hänsyn till elpriset, värmebehov 9 GWh.



Värmebehov: 9 GWh

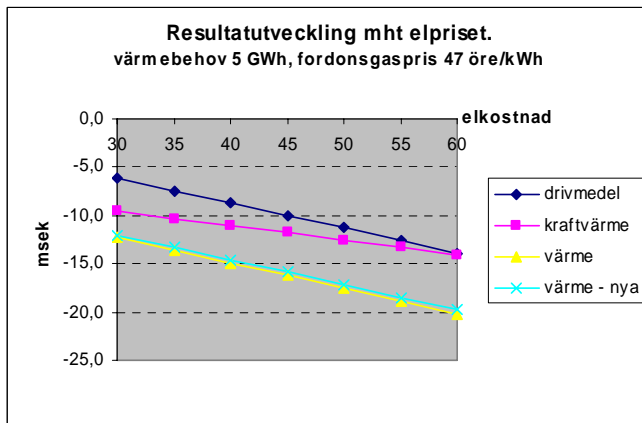
Biogasproduktion: 5,5 MNm<sup>3</sup> (35,2 GWh)

Fordonsgaspris: 47 öre/kWh

Drivmedel fördelaktigast upp till elkostnaden 49 öre/kWh (totalt elpris 82,3 öre/kWh).

Kraftvärme fördelaktigast för elpriser därutöver.

Diagram 2. Resultatutveckling med hänsyn till elpriset, värmebehov 5 GWh.



Värmebehov: 5GWh

Biogasproduktion: 5,5 MNm<sup>3</sup> (35,2 GWh)

Fordonsgaspris: 47 öre/kWh

Drivmedel fördelaktigast upp till elkostnaden 61,5 öre/ kWh (totalt elpris 94,8 öre/kWh).

Kraftvärme fördelaktigast för elpriser därutöver.

## 12 Jämförelse mellan alternativen

Ekonomiskt sett är fordonsbränslealternativet det mest fördelaktiga i dagsläget. Med ett ökat elpris ändras dock situationen. Vid försäljningspriset för fordonsgas 47 öre/kWh och inköp av 5 GWh fjärrvärme blir kraftvärmealternativet fördelaktigare vid elkostnaden 61,5 öre/kWh (totalt elpris 94,8 öre/kWh). Vid försäljningspriset för fordonsgas 47 öre/kWh och inköp av 9 GWh fjärrvärme blir kraftvärmealternativet fördelaktigare vid elkostnaden 49 öre/kWh (totalt elpris 82,3 öre/kWh).

Miljövinsten minskar med avståndet. Utsläpp av partiklar har en lokal påverkan på miljön. Utsläpp av CO<sub>2</sub> har en global påverkan. Den ekonomiska värderingen tar delvis hänsyn till detta<sup>6</sup>. Kommunerna i Käppalaförbundet bör dock beakta att lokalt minskade utsläpp av partiklar kommer dem direkt till nytta och att minskade utsläpp av CO<sub>2</sub> inte lika tydligt kommer den egna kommunen till nytta. Utsläpp av partiklar minskar i alla alternativen,

<sup>6</sup> Värderingen av partiklar varierar beroende på läge: Stockholms innerstad – 9500 kr/kg, Stockholms ytterstad – 6000 kr/kg, Stor Stockholm yttre – 2400 kr/kg (SWEKO, 2005).

\*\*\*\*\*



fordonsgas, kraftvärme samt fjärrvärme. Endast i fordonsgasalternativet blir effekten lokal. Detta kan väga upp att miljövinsten för fordonsgasalternativet är något lägre än dito för fjärr- respektive kraftvärme i jämförelsen med kolkraft (tabell 21).

Användningen av biogas som drivmedel är den biogasanvändning som bedöms ha störst potential i framtiden (Uppenberg et al., 1999).

### Värderingarna av miljövinster vid övergång till biogas är följande:

**Tabell 20.** Jämförelse av miljövinsten vid olika användning av biogas – värme jämförs med Värtan, el jämförs med Sverigemix.

	Miljövinst, ksek
<b>Fordonsgas</b>	14 037
<b>Fjärrvärme</b>	3 785
<b>Kraftvärme</b>	2 647

**Tabell 21.** Jämförelse av miljövinsten vid olika användning av biogas – värme och el jämförs med motsvarande kolkraft.

	Miljövinst, ksek
<b>Fordonsgas</b>	15 893
<b>Fjärrvärme</b>	27 753
<b>Kraftvärme</b>	37 210

Miljövärderingen i den här rapporten skiljer sig relativt mycket från den värdering framtagen av SWECO som visade en väsentligt högre miljövinst för fordonsgas (drygt det dubbla). I SWECOs skattning ingick endast dieseldrivna bussar (inga personbilar) vilket delvis förklarar den högre skattningen. Men även bortsett från det så ger deras val av värderingsmetod ett väsentligt högre miljövärde. Det är således viktigt att inse begränsningen i en värdering av miljönytta, det finns tyvärr ingen absolut sanning i dagsläget.

### Resultatutveckling med hänsyn till väntad produktionsökning.

Värmebehov: 9 GWh

Elkostnad: 37 öre/kWh (totalt elpris 70,3 öre/kWh)

Fordonsgaspris: 47 öre/kWh

**Tabell 22.** Resultat (värmebehov 9 GWh), msek

Produktion, GWh	Alt 1	Alt 2	Alt 0	Alt 3
	drivmedel	kraftvärme	värme	nya värmepannor
35,5	-10,0	-11,4	-15,0	-14,7
37	-9,3	-10,9	-14,7	-14,4
40	-8,0	-10,0	-14,2	-13,8

Värmebehov: 5 GWh

Elkostnad: 37 öre/kWh

Fordonsgaspris: 47 öre/kWh

**Tabell 23.** Resultat (värmebehov 5 GWh), msek

Produktion, GWh	Alt 1	Alt 2	Alt 0	Alt 3
	drivmedel	kraftvärme	värme	nya värmepannor
35,5	-7,8	-10,5	-13,9	-13,8
37	-7,1	-10,0	-13,8	-13,5
40	-5,7	-9,1	-13,4	-12,9

\*\*\*\*\*

## Referenser och källor

### Litteratur

Börjesson och Berglund, 2003. *Miljöanalys av biogassystem, rapport nr 45*. Avdelningen för miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

IEA(International Energy Agency), 2005. *Energy Statistics of OECD Countries 2002-2003, 2005 Edition*.

Osele Energiteknik AB, 2005. *Hur nyttiggöra biogasen vid Käppalaverket?* Framställd på uppdrag av Käppalaförbundet.

STEM, 2005. *Energiläget i siffror, 2005*. Statens Energimyndighet, STEM, Stockholm.

SWECO, 2005. *Förutsättningar för att utnyttja biogas från Käppalaverket som fordonsbränsle för bussar och andra fordon*. Framställd på uppdrag av SL, Lidingö Stad och Käppalaförbundet.

Uppenberg et al., 1999. *Miljöfaktabok för bränslen*. Framställd på uppdrag av Svenska Petroleum Institutet. IVL-Rapport B 1334, Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, Stockholm.

www.snf.se, 2006-01-12. Svenska Naturskyddsföreningen.

### Mail, telefon och möten

Roger Andersson, AGA.

Sara Andersson, SWECO.

Lars Brolin, SWECO.

Per Edoff, Fortum. (utsläppsstatistik)

Jörgen Henkow, Fortum Värme.

Lars-Gunnar Johansson, LRF.

Lars-Gunnar Lindfors, IVL.

Caroline Setterwall, Swedpower.

Jonas Strömberg, SL.