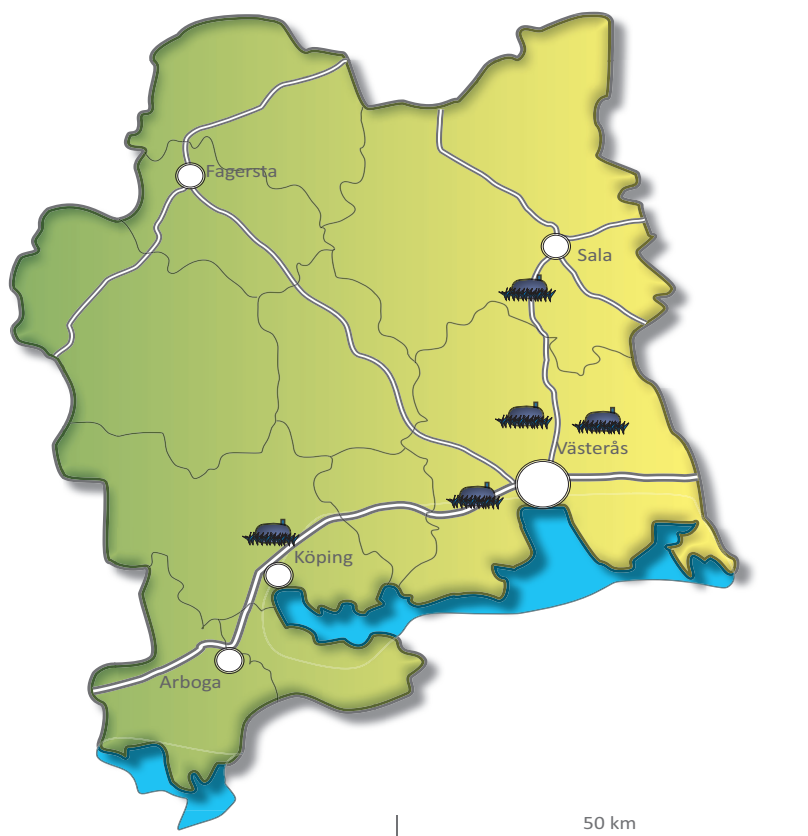


## BIOGASPRODUKTION VID LANTBRUKSKLUSTER NÄRA VÄSTERÅS

2010



## Innehållsförteckning

Innehållsförteckning.....	2
Sammanfattning.....	2
Bakgrund.....	3
Jordbrukets struktur i Västmanland .....	3
Möjliga substrat i Västmanlands jordbruk .....	4
Uppdraget .....	4
Syftet med studien .....	5
Målsättningar och målgrupper .....	5
Metod.....	5
Kostnadsberäkningar.....	6
Investeringskostnader för biogasanläggning.....	6
Transportkostnader substrat .....	6
Kostnader för drift och uppgradering .....	6
Kostnader för transport av producerad biogas.....	6
Resultat .....	7
1. En eller flera centrala biogasanläggningar.....	7
Scenario 1 .....	8
Scenario 2.....	9
Scenario 3.....	10
Scenario 4 a .....	11
Scenario 5 a .....	12
Scenario 6 a .....	13
2. Förslag till anläggning av rörledning.....	14
Scenario 4 b.....	14
Scenario 4 c .....	14
Scenario 5 b.....	15
Scenario 5 c .....	15
Scenario 6 b.....	15
3. Förslag till rutter omfattande olika antal gårdar .....	16
Diskussion.....	17
En central biogasanläggning för all gödsel .....	17
Kluster med gemensam anläggning.....	17
Rörledningssystem.....	18
Komplicerande faktorer.....	18
Avslutande kommentarer.....	19
Referenser .....	19

## Sammanfattning

Syftet med denna studie är att beräkna systemkostnaden för produktion av fordonsgas från stallgödsel i Västerås och Sala kommuner. Studien har i första hand fokuserat på lantbruk i Västerås kommun. Totalt i Sala och Västerås finns det idag 200 000 ton gödsel från vilken man kan producera 33 GWh biogas. Förutsatt att all gödsel körs in till Gryta och rötas i en anläggning blir kostnaden för biogasen 70 öre per kWh. I studien undersöks ett antal strategier för att minska denna kostnad. I två scenarier minskas antalet gårdar genom att utesluta de som ligger längst från Gryta från totalt 58 gårdar till 40 respektive 22 gårdar. I scenariot med 40 gårdar pressas

kostnaden med 5 öre per kWh och i scenariot med 22 gårdar är kostnaden 3 öre lägre per kWh än för grundscenariot. Den potentiella gasproduktionen i dessa scenarier är 25 GWh respektive 15 GWh.

Tre kluster av gårdar har identifierats runt Västerås med en biogaspotential om 8,5, 9,7 och 5,2 GWh per år. En optimal placering av en central biogasanläggning för varje kluster har beräknats. Det visar sig att transportkostnaden per gård halveras i genomsnitt om gödseln körs till klustrets biogasanläggning jämfört med om den körs till Gryta. Ändå blir kostnaden för att producera gasen högre i klustren (72-80 öre/kWh) jämfört med produktion vid Gryta (65-70 öre/kWh). Det är främst skalfördelar vid uppgraderingen som slår igenom.

Klustren har även undersökts i enlighet med ”Brålandamodellen”, där varje gård har en biogasanläggning och gasen samlas ihop till en gemensam punkt med markförlagd gasledning. Här ökar kostnaderna ytterligare något till 75-87 öre/kWh. Runt Västerås finns flera stora vägar och järnvägar. Det kan fördyra ledningsdragningen väsentligt, men en sådan analys har inte gjorts.

Slutligen har även optimala rutter för en gödseluppsamlande lastbil beräknats. Rutterna är enligt modell ”mjölkbil” som besöker flera gårdar på samma rutt. Förutsättningen för ett sådant system är att rötresten kan omhändertas på ett annat sätt än idag.

## **Bakgrund**

I juni 2009 startade projektet ”Mångdubbla produktion och användning av biogas till fordonsdrift i Västmanlands län – behovet finns!”. I projektet som ägs av Biogas Öst studeras hur en ökad produktion och användning av biogas kan komma till stånd i Västmanlands län. En mycket viktig substratkälla är lantbruket. Västmanlands län har flera stora jordbruksområden i östra och södra delarna. Detta motsvarar kommunerna Köping, Sala, Västerås, Arboga, Kungsör och Hallstahammar. I nordväst (Skinnskatteberg, Norberg, Surahammar och Fagersta) finns enbart ett fåtal lantbruk med relevant produktion.

### ***Jordbrukets struktur i Västmanland***

Jordbruket i Västmanland domineras av växtodlingsgårdar som i huvudsak odlar spannmål (höstvet, korn och havre dominerar). Det finns 1760 jordbruksföretag i Västmanland med en medelareal på 58,3 ha. Det är bara någon tiondels hektar lägre än Södermanland som är det län med den största medelarealen i Sverige. Den totala åkerarealen i Västmanland är 102 600 ha.

Av de 1760 gårdarna räknas 49 % som rena växtodlingsgårdar. Det är den största andelen av alla län. Samtidigt är bara 14 % av gårdarna animalieproducenter, vilket är den lägsta andelen av alla län. Bland animalieproducenterna återfinns 65 företag med mjölkkor (totalt 4400 kor) och 43 företag med svinuppfödning. Man kan jämföra med Kalmar län som har en åkerareal på 124 000 ha, 566 mjölkbesättningar och 83 svinbesättningar. Emellertid hamnar Västmanland på femte plats i Sverige vad beträffar antalet sugor.

Noteras kan också att den omfattande spannmålsodlingen leder till en relativt stor tillgång på halm. Man har även ca 11 000 hästar vilket motsvarar 45 hästar per 1000 invånare. Det ger Västmanland en fjärdeplats. Det är för övrigt ont om organiska restprodukter i länet. Exempelvis är potatisarealen enbart 57 ha, vilket är den lägsta för samtliga län. Potatis kan annars ge en hel del lättrotade restprodukter.

## ***Möjliga substrat i Västmanlands jordbruk***

I rapporten "Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter" (2008) anges att den totala biogaspotentialen från lantbruket i Västmanland är 316 GWh. Här står halmen för 230 GWh. Resten är gödsel samt 10 GWh grön gödselingsvallar. Hästar och kor kan bidra med i runda tal 30 GWh var, medan svinproduktionen kan producera ca 20 GWh.

Här måste man betänka att halm är svårt att röta p.g.a. dess ligninnehåll och höga C/N-kvot. Halmen kräver dels någon form av förbehandling och dels att det blandas med något kväverikt. Vidare fungerar halmen utmärkt som bränsle i närvärmeanläggningar. I Danmark bränns 1,5 miljoner ton halm (Lantbrukets affärer dec 2009), medan vi i Sverige enbart använder 100 000 ton halm till värmeproduktion.

Gödseln är betydligt lättare att röta då den har "förbehandlats" i djurets mag-tarmkanal och dels har en fördelaktig C/N-kvot. Länet är fattigt på mjölkkor. I Västerås kommun finns bara en handfull mjölkbesättningar. I Sala kommun är antalet mjölkbesättningar fler. Svinproduktionen är koncentrerad runt Västerås. Här finns en relativt stor täthet med svinproducenter. Det finns alla sorters modeller för svinproduktionen. Man finner både helintegrerade besättningar, suggringar med satellitgårdar för slaktsvinen och uppfödning av smågrisar som slutgöds utanför länet.

## ***Uppdraget***

Biogas Öst har uppdragit åt HS Konsult AB att studera möjligheten att producera biogas från lantbruket i Västerås kommun. Uppdraget fokuserar på att finna naturliga kluster av lantbrukare i Västerås kommun som kan samverka. Uppdragstagaren har utvidgat uppdraget till att även omfatta delar av Sala kommun då det finns naturliga förbindelser mellan lantbrukarna i norra Västerås kommun och Sala kommun. Utgångspunkten för uppdraget är dels en attitydundersökning (lantbrukares inställning till biogasproduktion) som genomfördes sommaren 2009 av HS Konsult och dels examensarbetet Biogasens expansion i östra Mellansverige – identifiering av potentiella biogashotspots.

I attitydundersökningen som omfattade ett 40-tal lantbrukare från samtliga större jordbruksområden i Västmanland framgick att det fanns en stor nyfikenhet på biogasproduktion. Närmare 80 % kunde tänka sig att börja producera biogas, naturligtvis under förutsättning att man kunde få en god lönsamhet. Bara ett par lantbrukare aviserade att man planerade för nedläggning av verksamheten, vilket tyder på att resterande jordbrukare borde kunna anses vara stabila substrat- eller biogasleverantörer.

I examensarbetet sammanställdes data kring djurhållningen i länen runt Mälaren plus Gotland, beräknade potentialen för biogasproduktion från gödsel i länen och gjorde ett första skissartat förslag på kluster av gårdar för olika typer av samverkan kring biogasproduktion. I exjobbet särskiljs mellan decentraliserade biogaskluster och centraliserade biogaskluster. De förra innebär att biogasen produceras på gårdarna och samlas sedan ihop företrädesvis med gasledning för vidare uppgradering. De centraliserade biogasklustren innebär att substratet samlas ihop med lastbil och körs till en central rötningsanläggning där även uppgradering kan ske. I Västmanland återfanns tre större centraliserade kluster runt städerna Västerås, Sala och Köping. Runt Sala återfanns två mindre kluster medan man kunde urskilja tre mindre kluster runt Västerås. Totalt uppskattades att klustren runt Västerås, Sala och Köping kunde producera 27 GWh från gödsel.

## Syftet med studien

Studien syftar till att fördjupa frågan kring gestaltandet av möjliga klusterbildningar i Västerås kommun för gödselbaserad biogasproduktion. Under studiens gång har även data från Sala tagits in i studien. Studien är delvis en optimeringsstudie där jag i flera olika typscenarier söker att minimera transportavståndet för substrat respektive biogas. Studien mynnar ut i en ekonomisk bedömning av möjligheterna att realisera funna kluster.

## Målsättningar och målgrupper

Projektet har haft följande mål:

- Kartläggning av kluster i Västerås och Sala kommuner utefter kravet att minimera transportbehovet
- Beräkning av produktionspotentialen i de identifierade klustren
- Beräkning av en översiktlig systemkostnad för transport av gödseln
- Framtagande av en indikativ kostnadsbild för den producerade rågasen

Målgrupper för studien är regionala beslutsfattare inom energi- och miljöfrågor samt lokala lantbrukare.

## Metod

Utgångspunkten för att ta in data har varit exjobbet ”Biogasens expansion i östra Mellansverige”. Här har samtliga gödselmängder beräknats från djurantal på gården (tabell 1).

Tabell 1. Nyckeltal för beräkning av gödselmängder från djurantal

<b>Flytgödselproduktion</b>	<b>ton/djur · år</b>	<b>TS-halt</b>	<b>ton TS/djur · år</b>
Kor	20	9,3%	1,86
Rekryteringsdjur	8	10,0%	0,80
Tjurkalv	6	10,0%	0,60
Suggor	8	8,0%	0,64
Slaktsvinsplats	1,6	8,0%	0,13

Från gödselmängden har sedan biogasproduktionen för varje gård beräknats. Därvid har antagits att nötgödsel ger 160 Nm<sup>3</sup> metan per ton TS och svingödsel ger 210 Nm<sup>3</sup> metan per ton TS. Då det är potentialen som beräknats har antagits att all gödsel samlas in och att röt-kammaren värms upp med annan värmekälla än biogas.

Djurantal har i ett första steg hämtats från Statens Jordbruksverk. Här anges antal djur alternativt maxkapacitet vad gäller djurantal. Siffrorna gäller år 2006. Dessa djurantal har sedan justerats dels utifrån de djurantal som angavs under intervjuerna i attitydstudien, dels utifrån särskilda rundringningar till resterande lantbrukare. Under rundringarna fick djurantalet justeras på flera gårdar. Ett par gårdar hade även lagt av med djurproduktionen. Det har inte gått att få tag i samtliga lantbrukare. Ett tiotal gårdar har inte kontrollerats för de siffror som angivits i Jordbruksverkets datalistor.

För varje gård har vidare koordinaterna enligt RT-systemet bestämts. Dessa har enheten meter varför det är enkelt att beräkna avstånden mellan gårdarna.

För den vidare databearbetningen anlätades Lennart Norell, statistiker vid SLU, Uppsala. Lennart tog fram en modell i dataprogrammet SAS där klustren beräknades med utgångspunkt från att minimera transportkostnaden. Resultatet blev ett antal scenarier som presenteras under rubriken Resultat nedan. I beräkningarna för optimal placering av biogasanläggning har avståndet från gårdarna till anläggningen viktats med gårdarnas biogaspotential.

## ***Kostnadsberäkningar***

### **Investeringskostnader för biogasanläggning**

Kostnader för biogasanläggningen eller biogasanläggningarna har beräknats efter de kostnader som motsvarande anläggningar i Falkenberg och Wrams Gunnarstorp haft. Båda anläggningarna har hygienisering och tar emot stallgödsel tillsammans med annat avfall. Investeringskostnaden för både Falkenberg och Wrams Gunnarstorp ligger runt 600-650 kr per årston organiskt avfall. Årliga kapitalkostnader räknas på 4 % ränta och 20 års avskrivningstid.

För gårdsanläggningar har antagits en genomsnittlig investeringskostnad på 3 miljoner kr per anläggning.

### **Transportkostnader substrat**

Transportkostnaderna för gödseln har beräknats enligt formeln  $[\text{Gödselmängd per år}] \times [\text{avstånd till biogasanläggning} \times 2] \times [0,74] + [\text{Antal lass}] \times [266]$ . För konstanter se tabell 2. För klustren har avståndet till 5:1, 5:2, etc. använts.

Tabell 2. Nyckeltal för transport av gödsel

<b>Karaktäristik</b>	<b>Nyckeltal</b>
Lastkapacitet	40 ton
Fyllningstid	10 min
Tömningstid	10 min
Kostnad (kr/h)	800
Kostnad (kr/ton*km)	0,74

Data från Johansson, Nilsson 2007, Bergström-Nilsson 2009

### **Kostnader för drift och uppgradering**

Driftskostnaderna beräknas som summan av underhållet för biogasanläggningen (1% av investeringskostnaden), elbehovet (3 % av producerad energi) och en heltidsanställd om 400 000 kr per år. Kostnaden för uppgradering antas vara 15 öre/kWh. Denna kostnad är realistisk för biogasflöden över 15 GWh/år. Under 15 GWh/år stiger kostnaden för uppgradering. Biogasflöden under 10 GWh/år antas kosta 25 öre/kWh att uppgradera.

### **Kostnader för transport av producerad biogas**

Investeringskostnaden i gasledning antas till 600 kr per meter ledning. Kapitalkostnaden beräknas på 4 % ränta och 40 år avskrivningstid.

## Resultat

Följande beräkningar har gjorts:

1. En eller flera centrala biogasanläggningar
2. Förslag till anläggning av rörledningar
3. Förslag till rutter omfattande olika antal gårdar

### ***1. En eller flera centrala biogasanläggningar***

I denna första del av resultaten jämförs sex olika scenarion med 1 respektive 5 centrala biogasanläggningar. Gödseln körs med lastbil (tabell 2) till och från biogasanläggningen.

De olika sätt som använts för att bestämma placering av anläggning är följande:

- a) Befintlig anläggning i Gryta
- b) Medelvärde av gårdarnas koordinater
- c) Medelvärde av gårdarnas koordinater viktade med GWh-värden
- d) Minimerat geometriskt avstånd viktat med GWh-värden
- e) Generalisering av d) till 2, 3, 4 och 5 anläggningar

Tabell 3. Resultat (x- och y-koordinater avrundade till hela km):

Metod	x	y	Min(GWh×km)	Totalavst. till anl.
a) Gryta	6617	1542	587.2	1139.3
b) Medelvärde	6624	1541	574.5	1105.2
c) GWh-viktat medelvärde	6623	1541	574.2	1104.8
d) GWh-viktat geom. avstånd	6622	1543	565.1	1096.1
e) "-", 2 anläggningar	6617	1546		
	6645	1534	394.1	746.7
e) "-", 3 anläggningar	6604	1532		
	6619	1549		
	6645	1534	245.4	475.8
e) "-", 4 anläggningar	6604	1532		
	6618	1550		
	6627	1541		
	6646	1533	207.9	406.4
e) "-", 5 anläggningar	6604	1532		
	6618	1550		
	6627	1541		
	6643	1529		
	6652	1547	173,9	349,5

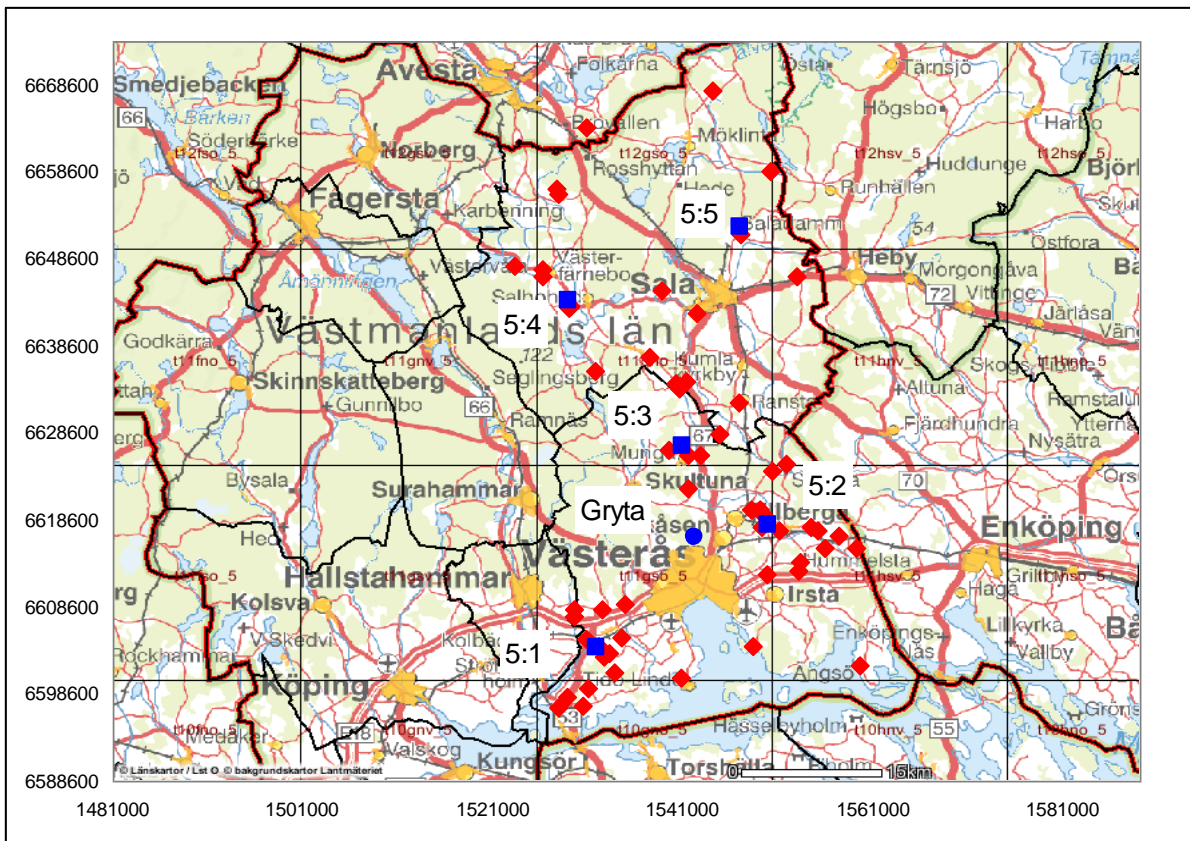


Bild 1. Ungefärlig placering av de i studien ingående gårdarna (rött) samt tänkta platser för centrala biogasanläggningar enligt scenario 1-3 (Gryta) eller scenario 4-6 (5:1-5:3).

Man kan genast konstatera att Gryta ligger förhållandevis centralt i regionen. Skulle man placera en biogasanläggning i regionen med avsikt att betjäna både Sala och Västerås kommun hamnar den 6-7 km norr om Gryta.

### Scenario 1

En ny biogasanläggning byggs på Gryta. All gödsel (200 000 ton per år) från Västerås och Sala kommuner transporteras till anläggningen. Gödseln samlas i pumpbrunnar på varje gård som töms med lastbil (kapacitet 40 ton) när de är fulla. Lastbilen kör rötad gödsel i retur. Total transporttid inklusive lastning, lossning och rengöring är 6560 timmar och antalet transporter är totalt 5160. Varje transport tar alltså 1 timme och 15 minuter. Totalt behövs fyra lastbilar för transporterna.

Total energimängd i gödseln:	33 GWh
Investeringskostnad:	120 miljoner kr
Kapitalkostnad:	8,8 miljoner kr/år
Transportkostnad:	6,9 miljoner kr per år
Driftskostnad:	2,3 miljoner kr per år
Kostnader för uppgradering:	5 miljoner kr per år
Transportkostnader för rågas:	0 kr

**Summa kostnader: 23 miljoner kr per år vilket blir 70 öre per kWh uppgraderad gas**

## Scenario 2

En ny biogasanläggning byggs på Gryta. Gödsel från de 40 gårdar i Västerås och Sala kommuner som ligger närmast Gryta (150 000 ton per år) transporteras till anläggningen. Om gårdarna sorterar i avståndsordning från Gryta kan man beräkna den ackumulerade transportkostnaden och den ackumulerade energiproduktionen (bild 2). Energiutbytet står inte i paritet med den ökande transportkostnaden för de gårdar som ligger längst bort. Här har valts att studera de 40 gårdar som ligger närmast. De kan tillsammans ge 25 GWh biogas. Av de 40 gårdarna ligger 33 i Västerås kommun. Total transporttid inklusive lastning, lossning och rengöring är 4100 timmar. Totalt behövs tre lastbilar för transportererna.

Gödseln samlas i pumpbrunnar på varje gård som töms med lastbil (kapacitet 40 ton) när de är fulla. Lastbilen kör rötad gödsel i retur.

Total energimängd i gödseln:	25 GWh
Investeringskostnad:	90 miljoner kr
Kapitalkostnad:	6,6 miljoner kr/år
Transportkostnad:	3,9 miljoner kr per år
Driftskostnad:	1,9 miljoner kr per år
Kostnader för uppgradering:	3,75 miljoner kr per år
Transportkostnader för rågas:	0 kr

**Summa kostnader: 16,2 miljoner kr per år vilket blir 65 öre per kWh uppgraderad gas**

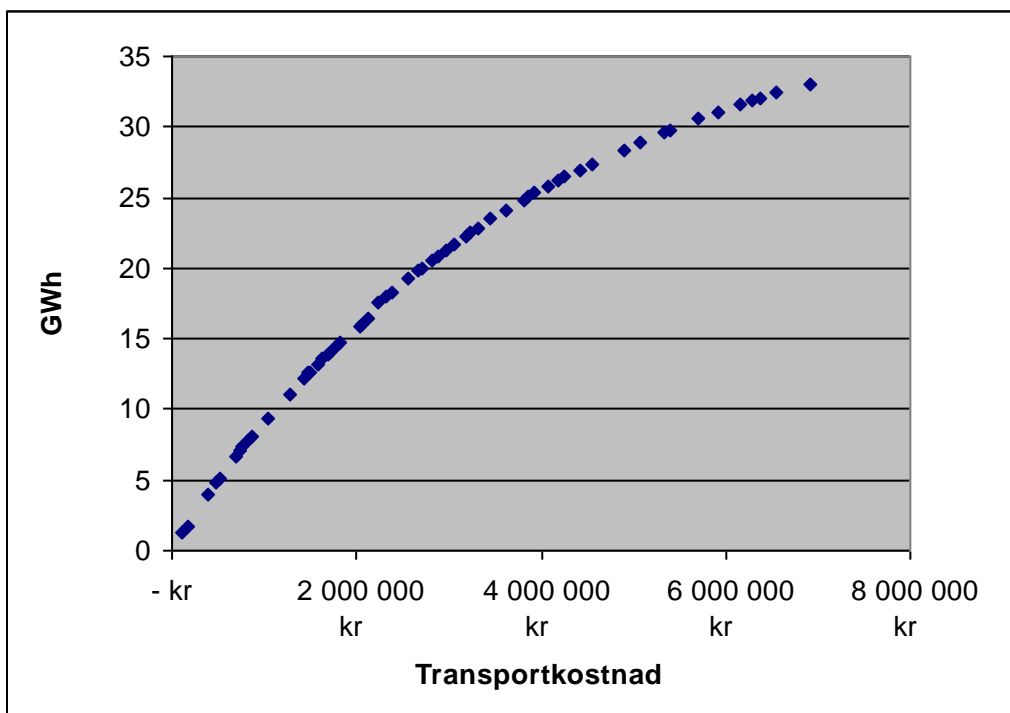


Bild 2. Ackumulerad transportkostnad till Gryta vs ackumulerad energiproduktion. Gårdarna sorterade efter avståndet till Gryta.

### Scenario 3

En ny biogasanläggning byggs på Gryta. Gödsel från de 22 gårdar i Västerås och Sala kommuner som ligger närmast Gryta (100 000 ton per år) transporteras till anläggningen. Om gårdarna sorterar i avståndsordning från Gryta kan man beräkna den ackumulerade transportkostnaden och den ackumulerade energiproduktionen (bild 2). Energiutbytet står inte i paritet med den ökande transportkostnaden för de gårdar som ligger längst bort. Här har valts att studera de 22 gårdar som ligger närmast. De kan tillsammans ge 15 GWh biogas. Noteras att av de 22 gårdarna ligger 21 i Västerås kommun. Total transporttid inklusive lastning, lossning och rengöring är 2420 timmar. Totalt behövs två lastbilar för transportererna.

Gödseln samlas i pumpbrunnar på varje gård som töms med lastbil (kapacitet 40 ton) när de är fulla. Lastbilen kör rötad gödsel i retur.

Total energimängd i gödseln:	15 GWh
Investeringskostnad:	60 miljoner kr
Kapitalkostnad:	4,4 miljoner kr/år
Transportkostnad:	2 miljoner kr per år
Driftskostnad:	1,4 miljoner kr per år
Kostnader för uppgradering:	2,25 miljoner kr per år
Transportkostnader för rågas:	0 kr

**Summa kostnader: 10 miljoner kr per år vilket blir 67 öre per kWh uppgraderad gas**

## Scenario 4 a

I scenario 4 a studeras kluster 5:1 enligt bild 1. Klustret ligger sydväst om Västerås och omfattar 15 gårdar. Sju av gårdarna är grisgårdar, en producerar kyckling, en gård producerar ekologisk mjölk och sex gårdar producerar nötkött. Den punkt som beräknats vara den mest centrala punkten ligger ca en kilometer sydväst om Dingtuna (bild 3). En ny anläggning byggs på denna punkt och ansluts med gasslang till Västerås gassystem. Den totala sträckan till Västerås gasledning är ca 10 km. Kostnader motsvarande 6 km gasledning belastar kalkylen i detta exempel då en gasmack redan finns i västra Västerås. Total transporttid inklusive lastning, lossning och rengöring är 1530 timmar. Totalt behövs en lastbil för transporterna.

Totalt produceras 50 000 ton gödsel i klustret. Gödseln samlas i pumpbrunnar på varje gård som töms med lastbil (kapacitet 40 ton) när de är fulla. Lastbilen kör rotad gödsel i retur.

Total energimängd i gödseln:	8,5 GWh
Investeringskostnad:	30 miljoner kr
Kapitalkostnad:	2,2 miljoner kr/år
Transportkostnad:	0,7 miljoner kr per år
Driftskostnad:	0,9 miljoner kr per år
Kostnader för uppgradering:	2,1 miljoner kr per år
Transportkostnader för rengas:	0,2 miljoner kr per år

**Summa kostnader: 6,1 miljoner kr per år vilket blir 72 öre per kWh uppgraderad gas**

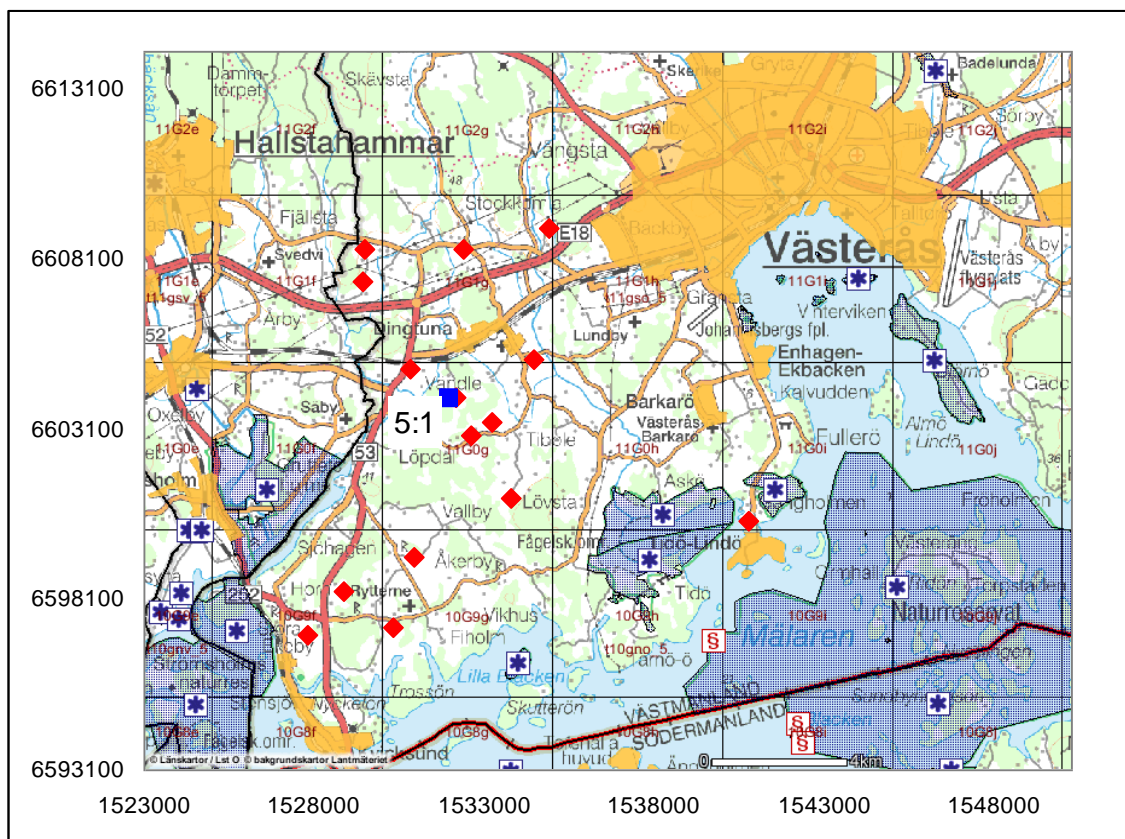


Bild 3. Karta över kluster 5:1, sydväst om Västerås. De blåmarkerade områdena är naturskyddat område. Röda prickar är ungefärlig placering av gårdar. Blå prick markerar var anläggningen bör byggas

## Scenario 5 a

I scenario 5 a studeras kluster 5:2 enligt bild 4. Klustret ligger nordost om Västerås runt Tortuna och omfattar 16 gårdar. Elva av gårdarna är griségårdar, en gård producerar mjölk och fyra gårdar producerar nötkött. Den punkt som beräknats vara den mest centrala punkten ligger ca en kilometer väst om Tortuna (bild 4). En ny anläggning byggs på denna punkt och ansluts med gasledning till Västerås gassystem. Den totala sträckan från 5:2 till Gryta är ca 8 km, varför kostnader motsvarande 8 km gasledning belastar kalkylen i detta exemplet.

Totalt produceras 60 000 ton gödsel i klustret. Gödseln samlas i pumpbrunnar på varje gård som töms med lastbil (kapacitet 40 ton) när de är fulla. Lastbilen kör rötad gödsel i retur. Total transporttid inklusive lastning, lossning och rengöring är 1484 timmar. Totalt behövs en lastbil för transporterna.

Total energimängd i gödseln:	9,7 GWh
Investeringskostnad:	36 miljoner kr
Kapitalkostnad:	2,6 miljoner kr/år
Transportkostnad:	0,7 miljoner kr per år
Driftskostnad:	1,0 miljoner kr per år
Kostnader för uppgradering:	2,4 miljoner kr per år
Transportkostnader för rengas:	0,25 miljoner kr per år

### Summa kostnader: 7 miljoner kr per år vilket blir 72 öre per kWh uppgraderad gas

Om det finns en kund i närheten som kan köpa rågas kan den produceras för 44 öre per kWh.

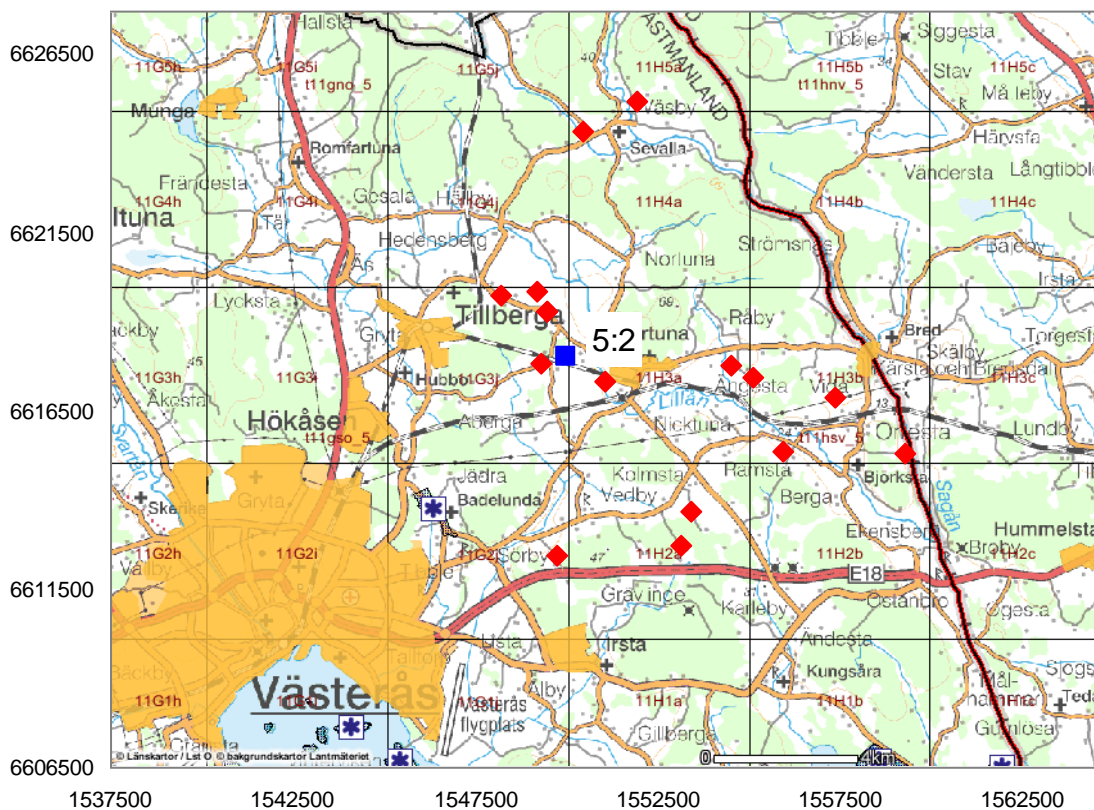


Bild 4. Karta över kluster 5:2 nordost om Västerås. Röda prickar är ungefärlig placering av gårdar. Blå prick markerar var anläggningen bör byggas.



## **2. Förslag till anläggning av rörledningar**

Genom att använda klusteranalys, denna gång med en metod som heter enkel länkning kan ett nät för rörledningar skapas. Om alla gårdar bands ihop i ett enda nät är den minsta totallängden på nätet 212,5 km. Med en meterkostnad på 600 kr per meter blir totalkostnaden för ett sådant nät 127 miljoner kr. Till det kommer investeringar för 150-200 miljoner kr i biogasanläggningar på gårdarna. Så för att använda gödseln på ett så miljösmart sätt som möjligt i Sala och Västerås kommuner behövs investeringar i nivå med 300 miljoner kr.

Där gårdarna ligger tätare kan det vara idé att studera ett gasnät. I nedanstående kalkyler antas att en rågas produceras vid varje gård som sedan transporteras via rörledning till Gryta för uppgradering för kostnaden 15 öre/kWh. Modellen påminner därför mycket om den s.k. Brålandamodellen.

### **Scenario 4 b**

För kluster 5:1 kan man bygga ett ledningsnät på 28 km och få med samtliga gårdar utom en köttproducerande gård. Nätet slutar vid gården närmast Västerås nära E18. För att nå gasnätet i Västerås behövs ytterligare 6 km ledning, summa 34 km. Nackdelen med nätet är att järnvägen och E18 måste passeras. Det kan eventuellt lösas med styrd borrning. Räknat på en meterkostnad om 600 kr metern blir totala investeringskostnaden 20,4 miljoner kr. Till detta kommer investeringar i uppemot 13 anläggningar för uppemot 40 miljoner kr. Den årliga kostnaden blir:

Total energimängd i gödseln:	8,3 GWh
Investeringskostnad biogasanl:	40 miljoner kr
Kapitalkostnad:	3 miljoner kr/år
Transportkostnad substrat:	0 kr/år
Driftskostnad:	1,2 miljoner kr/år
Kostnader för uppgradering:	1,3 miljoner kr/år
Transportkostnader för rågas:	1,1 miljon kr/år

**Summa kostnader: 6,6 miljoner kr per år vilket blir 80 öre per kWh uppgraderad gas**

### **Scenario 4 c**

En minivariant är att förbinda de fyra gårdarna norr om E18 med gasledning. Då blir sträckan 6,5 km plus 6 km till Västerås och den totala investeringen i gasledningen ca 7,5 miljoner kr. Gasmängden beräknas till 3,4 GWh, vilket är 40 % av totala gaspotentialen i kluster 4:1.

Total energimängd i gödseln:	3,4 GWh
Investeringskostnad biogasanl:	12 miljoner kr
Kapitalkostnad:	0,9 miljoner kr/år
Transportkostnad substrat:	0 kr/år
Driftskostnad:	0,6 miljoner kr/år
Kostnad för uppgradering:	0,5 miljoner kr/år
Transportkostnader för rågas:	0,4 miljon kr/år

**Summa kostnader: 2,4 miljoner kr per år vilket blir 71 öre per kWh uppgraderad gas**

### Scenario 5 b

För kluster 5:2 kan man bygga ett ledningsnät på 31 km och få med samtliga gårdar. Tillkommer 4 km för att nå Gryta. Nackdelen med nätet är att järnvägen och E18 måste passeras. Det kan eventuellt lösas med styrd borrning. Räknat på en meterkostnad om 600 kr metern blir totala investeringskostnaden för biogasnätet 21 miljoner kr. Till detta kommer investeringar i uppemot 15 anläggningar för uppemot 45 miljoner kr. Den årliga kostnaden blir:

Total energimängd i gödseln:	9,8 GWh
Investeringskostnad biogasanl:	45 miljoner kr
Kapitalkostnad:	3,3 miljoner kr/år
Transportkostnad substrat:	0 kr/år
Driftskostnad:	1,5 miljoner kr/år
Kostnader för uppgradering:	1,5 miljoner kr/år
Transportkostnader för rågas:	1,1 miljon kr/år

**Summa kostnader: 7,4 miljoner kr per år vilket blir 84 öre per kWh uppgraderad gas**

### Scenario 5 c

En minivariant är att förbinda de sex gårdar öster och väster om Tortuna som ligger norr om järnvägen med gasledning. Då blir sträckan 10 km plus 4 km och den totala investeringen i gasledningen ca 8,4 miljoner kr. Gasmängden beräknas till 4,3 GWh, vilket är 44 % av totala gaspotentialen i kluster 5:2. Gödselmängden är 26 000 ton per år.

Total energimängd i gödseln:	4,3 GWh
Investeringskostnad biogasanl:	18 miljoner kr
Kapitalkostnad:	1,3 miljoner kr/år
Transportkostnad substrat:	0 kr/år
Driftskostnad (uppskattad):	0,7 miljoner kr/år
Kostnad för uppgradering:	0,7 miljoner kr/år
Transportkostnader för rågas:	0,5 miljoner kr/år

**Summa kostnader: 3,2 miljoner kr per år vilket blir 74 öre per kWh uppgraderad gas**

### Scenario 6 b

För kluster 5:3 kan man bygga ett ledningsnät på 23,5 km och få med samtliga gårdar. Tillkommer 5 km för förbindelse med Gryta. Räknat på en meterkostnad om 600 kr metern blir totala investeringskostnaden för biogasnätet 17 miljoner kr. Till detta kommer investeringar i uppemot 9 anläggningar för ca 27 miljoner kr. Den årliga kostnaden blir:

Total energimängd i gödseln:	5,2 GWh
Investeringskostnad biogasanl:	27 miljoner kr
Kapitalkostnad:	2 miljoner kr/år
Transportkostnad substrat:	0 kr/år
Driftskostnad:	0,8 miljoner kr/år
Kostnader för uppgradering:	0,8 miljoner kr/år
Transportkostnader för rågas:	0,9 miljon kr/år

**Summa kostnader: 4,5 miljoner kr per år vilket blir 92 öre per kWh uppgraderad gas**

### 3. Förslag till rutter omfattande olika antal gårdar

Under punkt 1 antogs att en lastbil åker till varje gård fylld med biogödsel, tömmer biogödseln i en lagringsbehållare och tankar i ny gödsel. Fördelen med det systemet är att lastbilen aldrig kör tom. Nackdelen är att lastbilen måste rengöras mellan varje rutt för att inte smitta ner den biogödsel som ska tillbaka till gården. Det tar 10-15 minuter varje gång. Dessutom har gödseln lagrats flera dagar i pumpbrunnen i väntan på att bli hämtad och är inte helt färsk. Den gård med minst gödsel får ca 20 dagar mellan tömningarna av brunnen. Gården med mest gödsel (35 ton per dag) töms varje dag.

Ett alternativt system innebär att lastbilen åker till flera gårdar på samma rutt och hämtar gödsel. Detta förutsätter en alternativ strategi för biogödseln eftersom den inte per automatik åker med ut tillbaka till gården. Det kan vara aktuellt exempelvis om tekniken för avvattning av biogödseln utvecklas så att vattnet kan skiljas ifrån biogödseln som ett renvatten.

Att lastbilen ska åka runt till antal gårdar svarar mot det s. k. handelsresandeproblemet. Det allmänna fallet är mycket komplicerat och det finns inte en fullkomlig lösning med matematiska metoder. I tillämpningar kan man ibland ta till programmering, som också kan bli komplicerad om man vill undvika de fall som inte är optimala. Antalet möjliga rutter växer lavinartat med antalet gårdar som ska besökas.

Här har lösningen begränsats till vad som ser någorlunda rimligt ut efter att gårdarna har delats in i kluster med medelvärdeslänkning. Antalet gårdar i en rutt begränsas av att lastbilen kan ta högst 40 ton. I och med denna begränsning blir den med högst 10 gårdar i en rutt av underordnad betydelse. I det scenario som har använts har alla rutter fått starta i Gryta. Gårdarna har här nummerats så att den sydligast belägna gården har nr 1 och den nordligaste nr 58. Observera att beräkningarna förutsätter att det går att åka fågelvägen mellan gårdarna.

Tabell 4. Följande rutter sattes upp (ruttens längd i km):

Rutt	Gårdsföljd	Längd (km)	Rutt	Gårdsföljd	Längd (km)
1	5 2 1 3 4	54.4	9	31 34 33	26.4
2	6 8 9 13	36.7	10	32 38 39	32.9
3	10 12 14 15	36.8	11	37 35 36	23.5
4	16 17	26.0	12	43 44 40	50.0
5	11 7 20 19 18	51.5	13	41 48 45 42	59.2
6	22 21 23 25 26 24	34.6	14	46 47 49	68.3
7	27	14.2	15	51 52 54 55 57	104.3
8	28 29 30	15.6	16	53 58 56 50	107.2

Ingen ekonomisk analys har gjorts vad beträffar inverkan på transportkostnaden om man väljer att åka i rutter. Resultatet beror i hög grad på hur man väljer att hantera rötresten.

## Diskussion

De kluster som räknats fram i denna rapport är enbart resultatet av matematik. Det betyder att den faktiska appliceringen av resultaten kommer att hantera ett antal faktorer som inte tagits med i dessa beräkningarna. Bl. a. har enbart fågelvägsavstånd använts vilket inte helt svarar mot verkligheten. Inte heller har vägstandard vägts in i kalkylen. En lastbil som lastar 40 ton väger totalt 60 ton och till det krävs goda vägar utan tjälskador om vårarna. Generellt kan därför sägas att de kostnader som beräknats är minimikostnader som behöver justeras uppåt med kanske 15-30 %.

Det finns också många andra förfinanden som kan göras. I del 2 ovan kan en mer systematisk genomgång med ett mer utvecklat datorprogram ge en mer optimal lösning om varianten med rutter är aktuell. Kanske en kombination av rutter och direkta körningar kan behöva studeras. Kan körningar och rörledning kombineras så att endast vissa gårdar är anslutna till ett rörnät.

## En central biogasanläggning för all gödsel

Totalt i Sala och Västerås finns det idag 200 000 ton gödsel från vilken man kan producera 33 GWh biogas. Förutsatt att all gödsel körs in till Gryta och rötas i en anläggning blir kostnaden för biogasen 70 öre per kWh. Det visar sig i de olika scenarierna att man i bästa fall bara kan pressa ned kostnaden några få ören per kWh jämfört med detta grundscenario. Detta betyder att stordriftsfördelarna med en stor gemensam anläggning i stort sett kompenseras för de ökade transportkostnaderna med dagens drivmedelspriser. Tar man bort de 18 gårdar som ligger längst ifrån Gryta (scenario 2) minskar kostnaden till 65 öre per kWh. Minskar man ner antalet gårdar med ytterligare 18 (scenario 3) får man kostnaden 67 öre per kWh. Detta tyder på att det är svårt att pressa kostnaderna under 65 öre/kWh. Det går förmodligen att få ner kostnaden något öre till genom ett ännu smartare urval av gårdar och kombinera rutter med tömning av en brunn i taget. Men i det stora hela kan man betrakta 65 öre/kWh som den lägsta kostnaden för att röta gödseln.

## Kluster med gemensam anläggning

Beräkningarna visar att det finns fem ”naturliga” kluster i Sala och Västerås där en biogasanläggning kan serva omgivande gårdar. Då gårdarna ligger glesare i Sala har den fortsatta utredningen fokuserat på gårdarna i Västerås kommun. Dessa kluster identifierades även i ovan nämnda exjobb. Transportkostnaden per gård halveras då gödseln inte behöver åka till Gryta. Ändå blir kostnaden för att producera gasen högre än i scenario 1-3 (72-80 öre/kWh jämfört med 65-70 öre/kWh). Här är det framför allt kostnaden för uppgradering som slår igenom. Det är känt enligt flera studier att det finns stora skalfördelar vid uppgradering av biogas. Då transport av uppgraderad biogas redan ligger med som en kostnad i kalkylen är en alternativ strategi att producera en rågas som transporteras in till Gryta för uppgradering. Räknar man på 15 öre/kWh i uppgraderingskostnad istället för 25 öre/kWh för klustren landar man på 63 öre/kWh för scenario 4 a och 5 a och 71 öre/kWh för scenario 6 a. Då tillkommer visserligen kostnader för torkning av rågasen. Hur som helst hamnar man på kostnader som ligger på samma nivå som i scenario 2 och 3 där gödsel transporteras in till Gryta. Nackdelen med att sälja en rågas till Gryta är ur lantbrukarnas synvinkel att det är svårt att få full ersättning för den producerade biogasen. Möjligheten till vinst bör öka betydligt om man säljer en uppgraderad biogas till slutkund.

En annan strategi för att minska kostnaden är att få in mer substrat i klusteranläggningarna. Efter en granskning på hemsidor efter företag som kan tänkas producera organiskt avfall återfinns enbart två mindre företag. Återstår därför odling av växtmaterial för rötning. Det finns ett stort behov av omväxlingsgrödor i växtföljden runt Västerås för att upprätthålla bördigheten. Via

projektet Växtkraft finns nu flera års erfarenheter av att odla vallgröda för rötning. Det betyder att det finns stora kunskaper om logistik och vallhantering lokalt. Det har emellertid visat sig vara svårt att täcka kostnaderna för vallodlingen fullt ut. Ett kg ts ger drygt 3 kWh biogas. Med en kostnad för vällen på 1,2 kr per kg ts ger det en substratkostnad på närmare 40 öre/kWh biogas, vilket är en stor del av den totala kostnaden för biogasen. Å andra sidan är det säkert bra för den biologiska processen att blanda in något annat substrat såsom vall i gödseln.

## Rörledningssystem

Fem olika scenarion med rörledningssystem har studerats. Biogasen produceras på varje gård och leds till en gemensam uppgraderingsanläggning. Samtliga scenarion berör de tre klustren 5:1, 5:2 och 5:3. För samtliga scenarion gäller att kostnaderna ökar jämfört med att transportera gödseln i lastbil. Vid rörledningssystem hamnar man på en systemkostnad på 75-85 öre/kWh biogas jämfört med 65-75 öre/kWh biogas med lastbilstransport. Det går dock att finna subkluster med större gårdar som ligger relativt nära varandra. Den producerade energimängden blir emellertid begränsad vid sådana subkluster, och även de måste knytas till ledningsnätet i Västerås för uppgradering av gasen på Gryta. Konsekvensen blir att den totala systemkostnaden för subklustren ligger på samma nivå som de stora klustren.

Både kluster 5:1 och 5:2 ligger i områden med stora vägar och järnvägar. Kluster 5:2 kräver att man korsar minst 3 järnvägar för att binda ihop alla gårdar. Det är dyrt att korsa järnvägar och kan förmodligen fördyra ledningsdragningen med någon miljon kr. Dock påverkas inte den årliga kapitalkostnaden så mycket eftersom beräkningarna förutsätter 40 års avskrivningstid.

Rörledningssystem med anläggningar på varje gård har en stor fördel i den höga redundansen. Misslyckas rötningen i en anläggning vid 5:2 finns 14 andra anläggningar som producerar. Dessutom minimerar man transporten av material vilket kan ses som en försäkring mot ökande kostnader. Å andra sidan är lantbrukaren en konkurrent om gasen. Särskilt svinproduktion har ett stort energibehov. I attitydstudien som utförts i samma projekt som denna studie visas på ett fem gånger högre energibehov hos svinproducenter än hos mjölkproducenter. Detta kan betyda att leveranssäkerheten minskar sett till den totala biogasvolymen.

## Komplicerande faktorer

De olika scenarierna företräder förenklingar av verkligheten. Förenklingarna är förhoppningsvis inte menligt inverkan på möjligheterna att jämföra scenarierna. Dock tillkommer det ett antal faktorer i verkligheten som bör hållas i minnet innan man börjar projektera en anläggning.

- Jag har inte med kostnader för reservkapacitet om exempelvis en lastbil går sönder. Förhoppningsvis kan man lösa det tillfälligt med slamsugningsbil eller liknande. Det är viktigt att bilen man väljer kan rengöras enligt de villkor som ställs upp i certifieringsdokumentet SPCR 120.
- Jag har räknat på fågelvägen för transportererna. Vad gäller de vägbundna transportererna bör man lägga in en ”slingerfaktor” på 1,3 -1,4 för att få de verkliga vägsträckorna. Eller ännu hellre mäta varje sträcka för sig. Men det låter sig inte göras inom ramarna för detta projekt.
- Jag har inte räknat på någon kostnad för pumpbrunnar vid varje gård. En pumpbrunn kostar ca 200 000 kr för en 80 kbm behållare med betonglock (prisuppgift från A-betong

091211). Flertalet gårdar är förmodligen utrustade med en bra pumpbrunn, men det kan vara en tillkommande kostnad.

- Jag har förutsatt att samtliga har pumpbar gödsel. Detta stämmer inte för flertalet nötköttsproducenter. Här har man ofta en djupströbädd som gödglas ut några gånger per år. Det är betydligt mer tidskrävande att lasta en djupströbädd än en pumpbar gödsel. I Falkenberg har man löst det genom att lantbrukaren lastar in gödsel i containers som hämtas med jämna mellanrum.
- Ekologiskt lantbruk godkänner inte rötad gödsel som har inblandning av svingödsel från konventionell slaktsvinsuppfödning. Det finns minst en ekologisk mjölkgård i ett av klustren. Det innebär att den gödseln inte kan rötas i en gemensam anläggning.
- Lantbrukaren får i scenarierna med gemensam biogasanläggning ingen ersättning för gödseln i reda pengar. Istället får han en rötad gödsel med ökad kväveeffektivitet. Risken med ett sådant upplägg är att vissa lantbrukare kan anse sig förfördelade genom att få en ”utspädd” gödsel. Det är alltså viktigt med ett provtagningsprogram för gödseln så att lantbrukaren får tillbaka rätt mängd av växtnäringsämnen.

I och med dessa tillkommande faktorer kan man räkna med att kostnaden för att röta gödsel i en gemensam anläggning ökar med 10-15 öre/kWh. Det betyder att kostnaden är i paritet med rörledningssystem.

### **Avslutande kommentarer**

Det mest intressanta spåret är förmodligen att gå vidare med kluster 5:2 tillsammans med någon eller ett par av de sydligaste belägna gårdarna i kluster 5:3. Efterfrågan på biogas ökar stadigt och man jobbar på olika sätt i Västerås för att finna nya källor. Exempelvis studerar man möjligheterna att uppgradera deponigas med kryoteknik. Förmodligen är det hög tid att börja realisera även gödselbiogasen då det tar några år från idé till färdig anläggning. Och då är förmodligen oljepriset betydligt högre än idag.

Som konstaterades i inledningen är det relativt glest mellan djurgårdarna i Västmanland. Klustren 5:1, 5:2 och 5:3 får dock anses som ”normaltåta”. Gårdarna är relativt stora så förutsättningarna för biogasproduktion bör inte vara sämre runt Västerås än de flesta andra slättbygder. Förutsättningarna är dock inte exceptionellt bra. Vid samtal med många lantbrukare får man intrycket av att man gärna vill satsa framåt även om lönsamheten är dålig stundtals. En lantbruksbaserad biogassatsning kommer därför inte att i första hand falla på lantbrukarnas vilja att producera. Det är snarare omvärldsfaktorer såsom nedläggning av slakterier och världsmarknadspriser på livsmedlen som styr överlevnadsförmågan.

### **Referenser**

Jordbruksstatistisk årsbok 2009

Forsberg, Jonas. 2009. Biogasens expansion i östra Mellansverige – identifiering av potentiella biogashotsspots.

Johansson, Mårten & Nilsson, Thomas 2007. Transporter i gårdsbaserade biogassystem. Examensarbete Lunds Tekniska Högskola

Bergström-Nilsson, Sara. Personligt meddelande 2009

Källa för kartbilder: [www.gis.lst.se/](http://www.gis.lst.se/)

Bilaga 1.

Sammanfattning av resultaten

Scenario	# gårdar	Gödselmängd (ton)	Energimängd (GWh)	Investeringskostnad (kr)	Transportkostnad (kr)	Summa årliga kostnader (kr)	Kostnader (öre/kWh)
1. 58 gårdar Gryta	58	200 000	33	120 miljoner	6,9 miljoner	23 miljoner	70
2. 40 gårdar Gryta	40	150 000	25	90 miljoner	3,9 miljoner	16 miljoner	65
3. 22 gårdar Gryta	22	100 000	15	60 miljoner	2 miljoner	10 miljoner	67
4. Kluster 5:1	15	50 000	8,5	30 miljoner	0,7 miljoner	6,1 miljoner	72
5. Kluster 5:2	16	60 000	9,7	36 miljoner	0,7 miljoner	7 miljoner	72
6. Kluster 5:3	9	32 000	5,2	20 miljoner	0,4 miljoner	4,2 miljoner	80
7. Rörledn 5:1	14	50 000	8,3	40 miljoner		6,6 miljoner	80
8. Rörledn 5:1 mini	4	18 000	3,4	12 miljoner		2,55 miljoner	75
9. Rörledn 5:2	15	60 000	9,7	45 miljoner		7,4 miljoner	76
10. Rörledn 5:2 mini	6	26 000	4,3	18 miljoner		3,2 miljoner	74
11. Rörledn 5:3	9	32 000	5,4	27 miljoner		4,5 miljoner	87