

Rapport

Biogasproduktion i Norrbotten och Västerbotten

Del 2 - Systemanalys och praktiska exempel

2012-05-29



NORRBOTTENS OCH
VÄSTERBOTTENS ENERGI-
OCH KLIMATOFFENSIV

En investering för framtiden



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden



NORRBOTTENS OCH
VÄSTERBOTTENS ENERGI-
OCH KLIMATOFFENSIV

Förord

Projektet NV Eko (Norrbottnens och Västernbottnens energi- och klimatoffensiv) var ett näringslivsinriktat samverkansprojekt med fokus på miljödriven affärsutveckling. Projektet pågick 20090601--20120531. Direkt målgrupp var små- och medelstora företag och näringslivets organisationer i Norrbotten och Västernbotten. Indirekt målgrupp var kommuner i Norrbotten och Västernbotten (eftersom kommunerna har en unik och viktig roll för hållbar näringslivsutveckling).

Projektet finansierades av Europeiska regionala utvecklingsfonden, Energimyndigheten, Norrbottens läns landsting, Länsstyrelsen i Norrbotten, Länsstyrelsen i Västernbotten och Region Västernbotten.

Denna rapport kan ses som ett resultat av de diskussioner och samtal som fördes vid de rundabordssamtal som genomfördes i 21 kommuner i Västernbotten och Norrbotten. Biogas är ett intressant utvecklingsområde för många kommuner och entreprenörer, men det är också ett område som kräver samverkan och samarbete. För att hjälpa till att hitta samverkanslösningar och söka ekonomiskt lönsamma investeringar har denna rapport tagits fram av BioMil AB i Lund, på uppdrag av Nenet. Rapporten består av två delar, en inledande substratinventering och en andra del som visar exempel på tre typanläggningar i olika storlekar.

Kontaktpersoner på BioMil AB; Elin Ossiansson, Martin Fransson och Marita Linné.

BioMil AB
biogas, miljö och kretslopp



Innehållsförteckning

1	Inledning.....	6
1.1	Bakgrund.....	6
1.2	Syfte och mål	6
2	Systemanalys för biogas i Västerbotten och Norrbotten.....	7
2.1	Substrattillgång.....	7
2.2	Avsättning för biogas	9
2.3	Avsättning för biogödsel	12
2.4	Nybyggnad eller tillbyggnad?.....	13
2.5	Lokalisering av biogasanläggning	14
2.6	Sammanfattning	16
3	Typanläggning 1 - Gårdsanläggning.....	18
3.1	Substrat och storlek.....	18
3.2	Processbeskrivning	18
3.3	Ekonomisk kalkyl.....	20
3.4	Känslighetsanalys	21
3.5	Exempel på motsvarande anläggning i drift.....	23
4	Typanläggning 2 - Lantbruksbaserad anläggning.....	24
4.1	Substrat och storlek.....	24
4.2	Processbeskrivning	24
4.3	Ekonomisk kalkyl.....	26
4.4	Känslighetsanalys	27
4.5	Exempel på motsvarande anläggning i drift.....	29
5	Typanläggning 3 - Avfallsbaserad torrrotningsanläggning	30
5.1	Processbeskrivning	30
5.2	Ekonomisk kalkyl.....	33
5.3	Känslighetsanalys	33
5.4	Exempel på motsvarande anläggning i drift.....	35
6	Referenser.....	35
	Bilaga 1. Förteckning över större lantbruk	36

Ordlista

ARV	Avloppsreningsverk
ABP-förordningen	Animaliska biproduktsförordningen är en EU-lagstiftning som klassar biprodukter i tre stycken olika kategorier.
Biogas	Rågas direkt från rötchammaren på biogasanläggningen. Består av cirka 65 % metan av förnybart ursprung.
Biogödsel	Rötrest från en biogasanläggning som rötar organiskt material exklusive avloppsslam. Innehåller i stort sett all näring som från början fanns i ingående substrat. För att sluta kretsloppen av dessa näringsämnen är det viktigt att biogödsel återförs till åkermark.
Biologisk behandling	Behandlingsmetod av avfall, både rötning och kompostering innefattas.
Fordonsgas	Uppgraderad biogas eller naturgas som uppfyller svenskstandard och används inom transportsektorn. Består av vanligtvis av cirka 97 % metan.
Gårdsanläggning	Lantbruksbaserad biogasanläggning.
Industrianläggning	Biogasanläggning inom en industri som rötar egna restprodukter.
Kraftvärme	Samtidig produktion av el och värme.
Metan (CH₄)	Energibäraren i biogas. Det enklaste av kolväten.
Metanutbyte	Mängd metan som kan produceras per viktsenhet substrat (exempelvis Nm ³ biogas/ton våtvikt).
Organiskt material	Substrat som innehåller organiskt material (kol).
REVAQ	Certifieringssystem för avloppsslam
Rötning	Biologisk process som bryter ner organiskt substrat under syrefritt förhållande och biogas bildas.
Samröttningsanläggning	Anläggning där flera olika substrat rötas samtidigt. I Sverige är rötning av gödsel tillsammans med avfall från livsmedelsindustrin och hushållsavfall vanligt förekommande.
SPCR 120	Certifieringssystem för biogödsel
Substrat	Råvara till biogasanläggning
TS	Torrsubstans
VS	Organisk andel av TS (VS=volatile substance)



Uppgradering

Process där koldioxid och metan separeras så att man får ett betydligt lägre innehåll av koldioxid i den energirika metangasen.

1 Nm³ metan

Normalkubikmeter som är volymen gas vid 0° och 1 bar. Innehåller 9,97 kWh vilket motsvarar cirka 1,1 liter bensin.

1 kWh

1 kilowattimme

1 MWh

1 Megawattimme = 1000 kWh

1 GWh

1 Gigawattimme = 1000 MWh = 1000 000 kWh

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport bygger på den inventering av befintliga och planerade biogasanläggningar, samt uppskattning av biogaspotential i länen som gjorts i den första delrapporten *Nulägesbeskrivning och biogaspotential*. Inventeringen visade på storleksordning för potentialerna i Västerbottens och Norrbottens kommuner. I Fas 2 görs en systemanalys, och exempel på biogasanläggningar som kan vara aktuella i regionen presenteras.

1.2 Syfte och mål

Syftet är att göra en systemanalys för biogas i Västerbotten och Norrbotten med utgångspunkt från underlaget i Fas 1 samt att beskriva 3 exempel på biogasanläggningar som kan vara lämpliga i regionen. Målen är följande:

- Att visa på möjligheter och hinder för biogasproduktion i länen i en systemanalys.
- Att ge förslag på områden där det finns goda förutsättningar att lokalisera en biogasanläggning.
- Att presentera 3 stycken typanläggningar med en enklare processbeskrivning, ekonomisk analys och exempel på liknande befintliga anläggningar.

2 Systemanalys för biogas i Västerbotten och Norrbotten

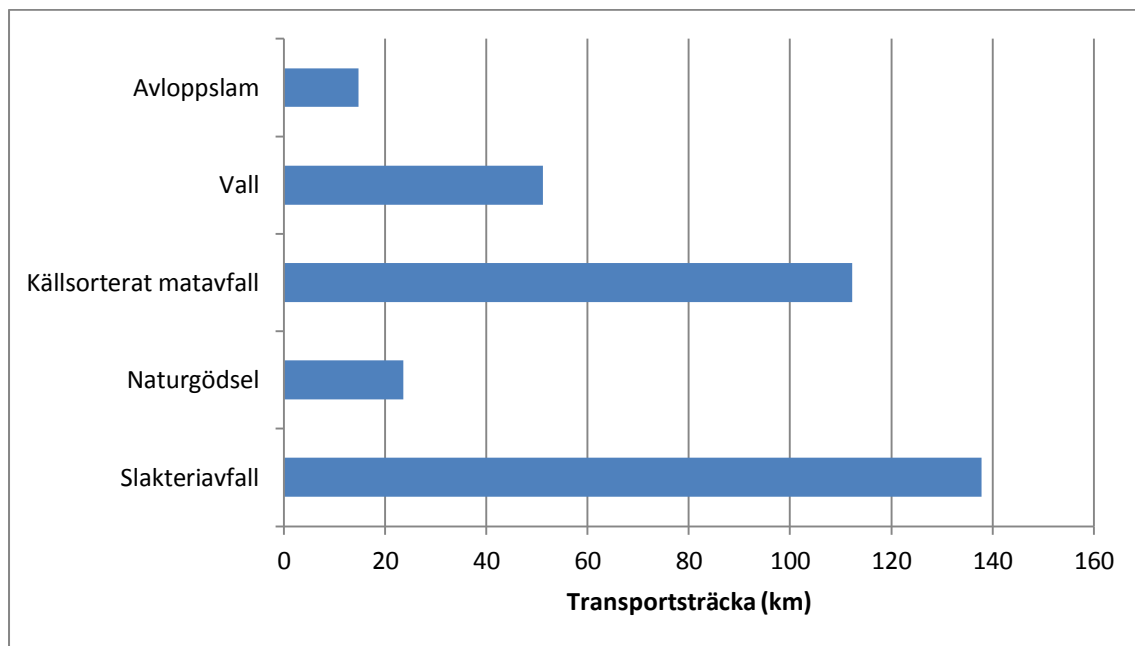
2.1 Substrattillgång

Inventeringen av biogasråvaror i området visade att biogaspotentialerna varierade mycket mellan kommunerna. I kustkommunerna, där befolkningstätheten är högre, finns den största biogaspotentialen räknat i GWh/år. Den samlade biogaspotentialen säger något om vilken storleksordning som kan vara aktuellt för anläggningar i området, men för att få en helhetsbild av potentialen är det viktigt att titta på vilka råvaror som finns, och vilka egenskaper som de har. Beroende på krav för förbehandling, hygienisering och lämpligt transportavstånd finns det olika marknader för olika råvaror vilket visas i tabellen nedan.

Tabell 1. Översikt över substrat och egenskaper.

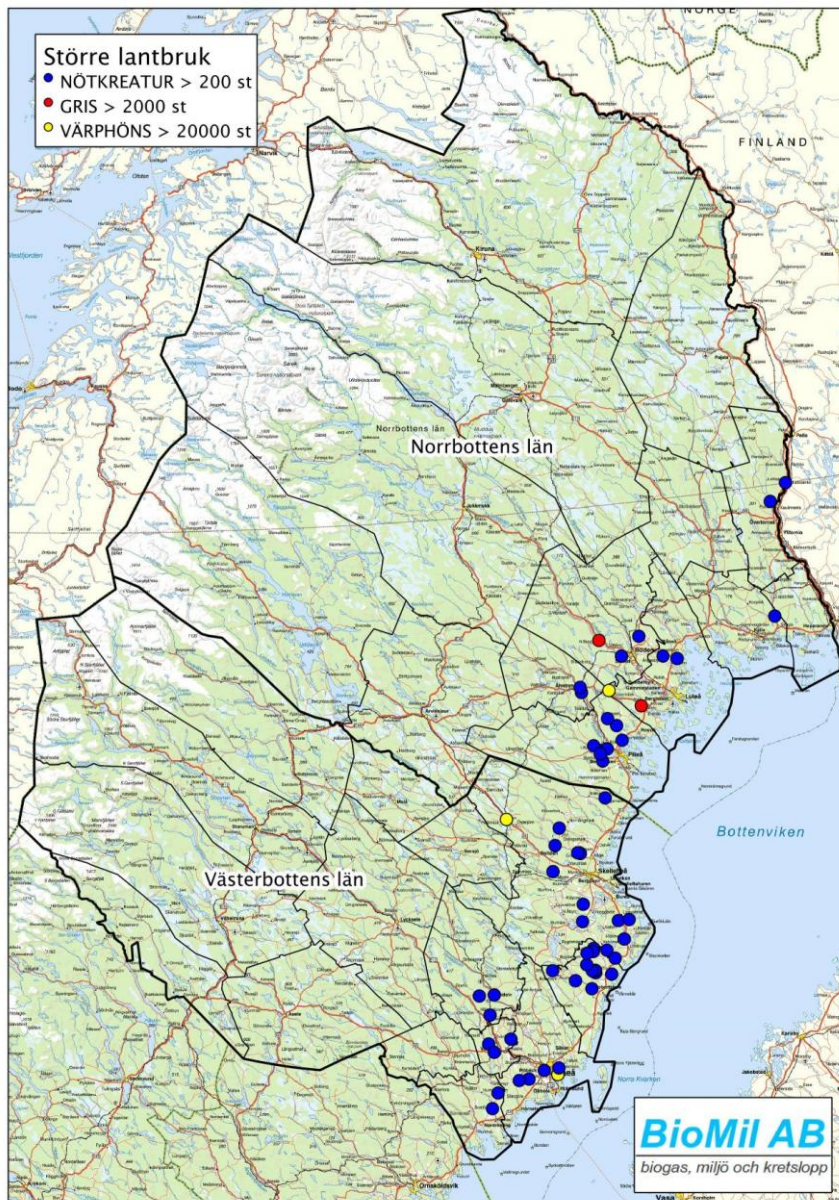
Substrat	Begränsar tillgång	Krav på förbehandling	Pris	Transport	Övrigt
Matavfall	Befolkning, insamling	Ja, omfattande förbehandling till slurry	Mottagaren får behandlingsavgift	Kan transporteras längre sträckor	Bör hygieniseras
Avfall från livsmedelsindustrin	Tillverkning, alternativ avsättning	Varierande	Varierande beroende på alternativ avsättning	Varierande beroende på energiinnehåll och nuvarande avsättning	Kan behöva hygieniseras enligt ABP-förordningen
Förpackat matavfall	Tillverkning, alternativ avsättning	Ja	Varierande beroende på alternativ avsättning	Varierande beroende på energiinnehåll och nuvarande avsättning	Glasförpackningar kan inte hanteras.
Slam från avloppsreningssverk	Befolkning	Nej	Inget pris	Bör endast transporteras korta sträckor	Kan inte blandas med andra råvaror om biogödseln ska certifieras
Gödsel	Antal djur, djurhållning	Inte för flytgödsel, men krävs för t.ex. hästgödsel	Varierande, ofta inget pris	Flytgödsel bör endast transporteras korta sträckor	Kan behöva hygieniseras om gödsel från flera gårdar blandas
Skörderester	Areal, odling, praktiska förutsättningar	Finfördelas, kan ensileras	Pris beroende på merkostnad för hantering	Blast eller liknande bör endast transporteras korta sträckor	Halm ej aktuellt i området
Odlade energigrödor	Areal, ekonomi	Finfördelas och ensileras	Pris beroende på kostnad för odling	Kan transporteras, helst inte längre sträckor	Vall, rörflen anses vara mest intressant

Avfall som kräver förbehandling och hygienisering hanteras bäst i större skala, medan gödsel och slam från avloppsreningssverk helst bör omhändertas i närområdet. I figur 1 visas hur långt olika substrat kan transporteras med antagandet att maximalt 5 % av den energi som kan produceras från substratet i biogasanläggningen får förbrukas för transporten. Beräkningen gäller för transport tur och retur med dieseldriven lastbil som lastar 30 ton. Substrat med hög torrhalt och/eller energirikt innehåll kan som figuren visar transporteras relativt långa sträckor medan t ex gödsel och avloppsslam bara tål kortare transporter.



Figur 1. Transportsträcka som olika substrat kan transporteras om maximalt 5 % av substratets energiinnehåll får förbrukas vid transporten.

Det finns ca 2200 registrerade lantbruksföretag i Norrbotten och Västerbotten som erhåller kompensationsbidrag från jordbruksverket och i figuren nedan så visas alla större lantbruk (>200 nötkreatur, >2 000 gris, > 20 000 värphöns). En förteckning över dessa lantbruk återfinns även som bilaga. Figuren visar att de större lantbruken i Norrbotten och Västerbotten finns samlade vid kusten samt att det går att identifiera några områden kring t.ex. Vännäs, Robertsfors eller Lillpite där djurtätheten är relativt hög.



Figur 2. Större lantbruk i Norrbotten och Västerbotten

2.2 Avsättning för biogas

Biogas som produceras kan principiellt användas på följande sätt:

1. Uppgradering av gasen och försäljning som fordonbränsle.
2. Kraftvärmeproduktion, lokal användning av värme och el samt försäljning av överskottet.
3. Värmeproduktion för lokal användning.

Uppgradering

Producerad biogas innehåller förutom metan även koldioxid samt mindre mängder vatten, kväve och svavelväte. För att biogas ska uppfylla den svenska standarden *SS 15 54 38 - Biogas som bränsle för snabbgående ottomotorer* så behandlas biogasen i en uppgraderingsanläggning som renar biogas så att den innehåller ca 97 vol-% metan samt uppfyller övriga specifikationer i standarden. Energiinnehållet i den uppgraderade gasen ligger således i intervallet 9,5 - till 9,9 kWh/Nm³.

De metoder som vanligtvis används för uppgradering av biogas är:

- Vattenskrubber
- PSA (Pressure Swing Adsorption)
- Kemisk absorption

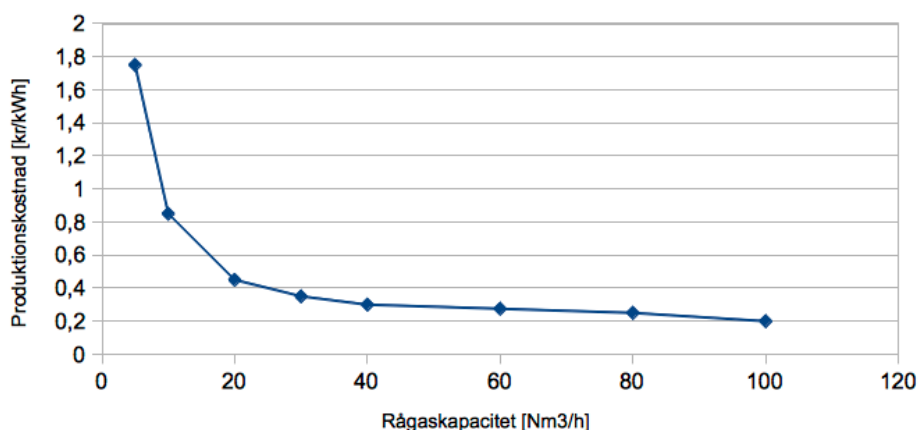
Utöver dessa tekniker så finns det metoder som bygger på membran- och kryoprocesser för separation av koldioxid och metan.

För att distribuera fordonsgasen effektivt sker det efter uppgradering en tryckhöjning av gasen med hjälp av en kompressor till omkring 250 bar. Den komprimerade fordonsgasen (CBG – Compressed BioGas) tankas på speciella containerbaserade mobila gasflak och transporteras sedan vidare till tankstationer för fordonsgas.

Gasflak finns med olika utformning, både vad avser lagringstryck och total lagringsvolym. Generellt så rymmer en container med gasflak mellan 1 900 och 3 700 Nm³ biogas, beroende av teknik och en lastbil kan normalt transportera upp till 3 stycken gasflak.

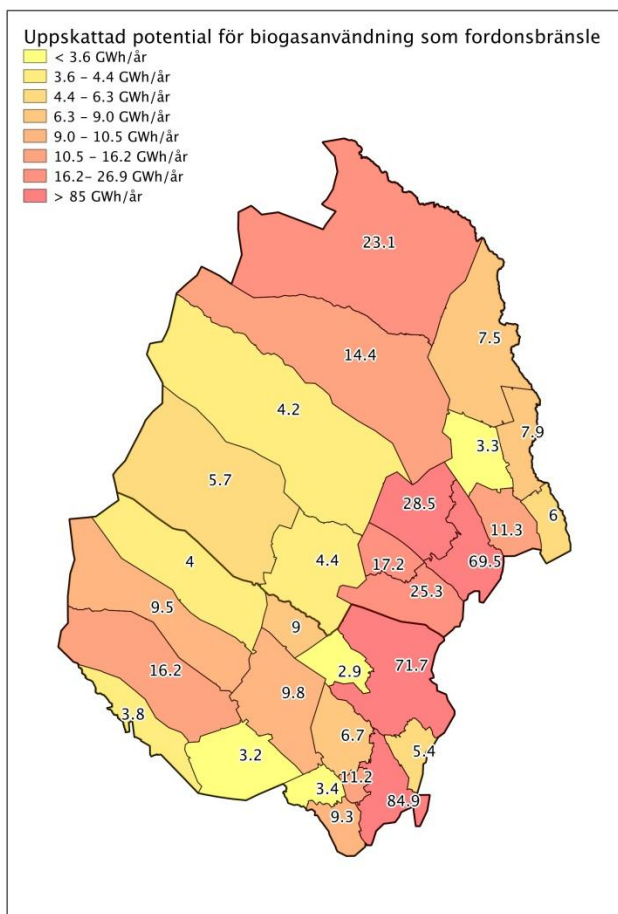
Kostnaden för ett system för fordonsgas är idag relativt hög och dessutom väldigt skalberoende. Dock har de småskaliga uppgraderingsteknikerna på senare år utvecklats och blivit billigare och nedan en figur över hur kostnaden för uppgradering av biogas varierar beroende på storlek där data är hämtat från Agroväst och Energigårdens rapport från 2012, *Småskalig uppgradering och förädling av biogas*.

Produktionskostnad småskalig vattenskrubber



Figur 3. Produktionskostnad för uppgradering med småskalig vattenskrubber. I produktionskostnaden ingår uppgradering, tryckhöjning samt ett gasflak på 2 000 Nm³ (Blom et al. 2012).

För att investeringen i ett system för produktion av fordonsgas ska bli ekonomiskt lönsamt så måste det finnas en marknad för att avsätta produkten. I fas 1 rapporten så har de olika kommunernas potential för biogasanvändningen som fordonsbränsle uppskattats för att visa på vilken marknad som finns för fordonsgas. Ett scenario då hela bussflottan samt 70 % av de privata och offentliga tjänstebilarna drivs av biogas visas här i figur 4.



Figur 4. Uppskattad potential för biogasanvändningen som fordonsbränsle i Norrbotten och Västerbotten (Fas 1 rapporten).

Figuren visar att det potentiellt finns en tillräckligt stor marknad för biogas som fordonsbränsle, speciellt i de mer tätbefolkade kommunerna. Det är dock ovanligt att produktionsanläggningen kan lokaliseras där tankstationen placeras varför det tillkommer en kostnad för transport av fordonsgas från produktionsanläggningen till tankstationer. Beroende på avstånd och hur distributionssystemet logistiskt utformas så varierar dessa kostnader men generellt så kostar det omkring 0,05 kr/kWh för att transportera 10-100 GWh fordonsgas 100 km med hjälp av stålflaskor på växelflak (Benjaminsson och Nilsson, 2009).

Om inte de befintliga tankstationerna utnyttjas (Skellefteå och Boden) så måste en investering göras i en ny tankstation. Idag kostar det omkring 3-5 Mkr att uppföra en publik tankstation med betalningssystem.

Kraftvärme

På gårdsnivå där inte gasproduktionen är tillräckligt stor för att motivera produktion av fordonsgas kan biogas istället användas lokalt för kraftvärmeproduktion. Elproduktionen är en relativt enkel och säker inkomstkälla samtidigt som spillvärmen från aggregatet normalt mycket väl täcker gårdens och anläggningens interna värmebehov.

Flera olika optioner finns när det gäller kraftvärmeteknik:

- Ottomotorer är billigaste alternativet, elverkningsgrad drygt 30 %.
- Dieselmotorer (dual fuel) dyrare men har högre elverkningsgrad, upp emot drygt 40 %.
- Mikroturbin ger mindre buller, verkningsgrad jämförbar med ottomotorn, spillvärme på högre nivå.

Eftersom försäljningen av el är den främsta inkomstkällan bör en motor väljas som har hög elverkningsgrad. Flera svenska leverantörer av biogasanläggningar satsar idag på dual fuel-motorer som har en verkningsgrad på omkring 40 % för både el och värme. Dessa motorer har ofta en betydligt högre investeringskostnad och lämpar bättre sig för storlekar över 50 kW_{el}. För mindre motorer så är idag otto-motorn fortfarande den dominerande tekniken.

Investeringskostnaden för motorer varierar mellan leverantörer, storlek och modell, och driftkostnaden (öre per kWh el) brukar vara högre för små, billiga motorer än för större motorer. Livslängden ligger med mellan 40 000 och 60 000 driftstimmar, då det är dags för en komplett översyn av motorn med en kostnad som motsvarar ca halva investeringen. Efter detta räknar man med samma livslängd igen.

Värme

Den enklaste lösningen för utnyttja energin i biogasen är att förbränna den lokalt i en gaspanna. Värmen utnyttjas då både till att driva biogasprocessen och tillgodose andra värmebehov som finns lokalt. Detta alternativ är dock idag ovanligt då kraftvärme ofta erbjuder en flexiblare och mer ekonomisk lösning (till stor del pga elcertifikatsystemet) och som bättre matchar produktionen mot det lokala energibehovet över årets alla timmar. Detta eftersom biogasproduktionen kommer att vara i princip samma över hela året medan värmebehovet ofta varierar kraftigt med årstiden.

2.3 Avsättning för biogödsel

Den areal som krävs för att få avsättning för biogödseln beror på näringsinnehållet. Oftast är fosforhalten begränsande för gödselspridning på åkermark där rekommenderad fosforgiva beror på vilken fosforklass marken har och vilken gröda som odlas.

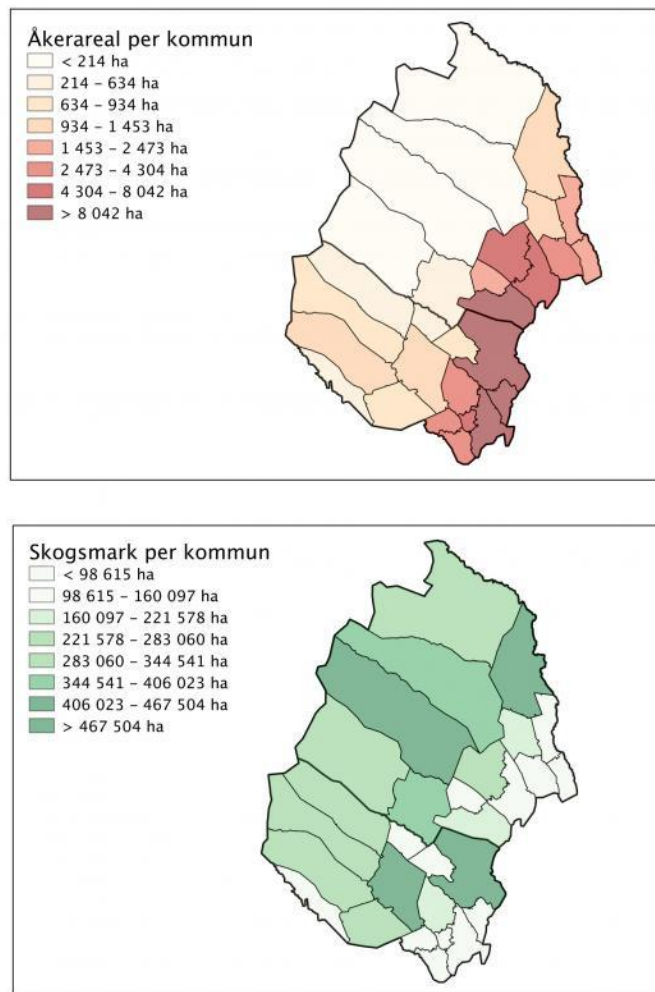
Det finns olika alternativ för hantering av biogödsel beroende på förutsättningarna.

- Biogödsel med ursprung i gödsel hanteras som gödseln hanterades innan rötning; spridningsarealer och lagringsvolym finns redan.
- Biogödsel med ursprung i avfall av kategori 2 och 3 APB-förordningen som tex slakteriavfall. Är ett bra gödningsmedel, som bör certifieras enligt SPCR 120 och spridas på åkermark. Det är emellertid i dagsläget inte tillåtet att sprida biogödsel som är producerat ur källsorterat matavfall på mark som används för mjölkproduktion (april 2012).
- Biogödsel från samrötningsanläggningar som innehåller reningsverksslam kan inte certifieras enligt SPCR 120, men däremot enligt REVAQ. Det kan spridas på åkermark med restriktioner gällande karenstid för vissa grödor.

Spridning av biogödsel på skogsmark är ett annat alternativ, som är extra intressant i kommuner med liten åkerareal.

Det finns metoder för att förädla biogödsel genom avvattnings till produkter som har större likhet med handelsgödsel. Det ger en annan marknad för biogödseln, och möjlighet till att transportera den betydligt längre. Tyvärr är kostnaden för förädling än så länge hög, och minskade kostnader för transport och spridning av biogödseln bör därför sättas i fokus.

Nedan visas en figur över hur stora arealer åker- och skogsmark som finns i Norrbotten och Västerbotten.



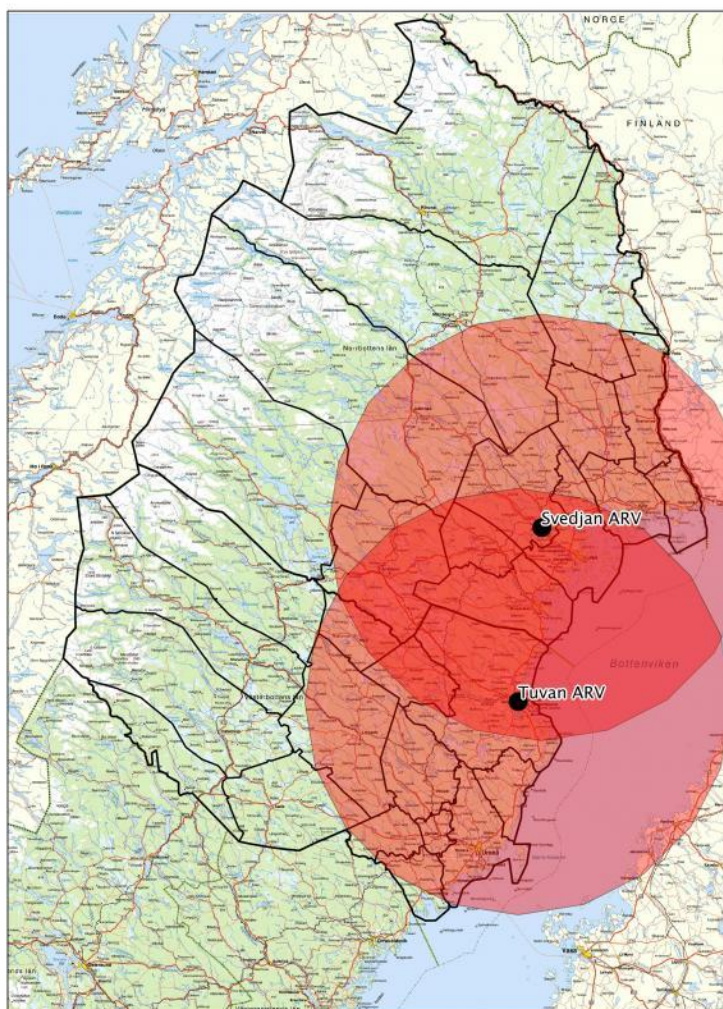
Figur 5. Total areal åkermark respektive skogsmark

2.4 Nybyggnad eller tillbyggnad?

Ofta visar det sig att det enklaste och mest ekonomiska sättet att öka produktionen av biogas i en region är att utnyttja befintlig infrastruktur. Det finns idag två stycken samrötningsanläggningar i Norrbotten och Västerbotten som behandlar matavfall och livsmedelsavfall. Dessa anläggningar finns i Boden och Skellefteå och båda anläggningarna har som mål att behandla ca 20 000 ton mat- och livsmedelsavfall per år vilket tillsammans ger en behandlingskapacitet på 40 000 ton per år.

På grund av att det i regionen redan finns två stycken samrötningsanläggningar som söker efter substrat så bör det undersökas huruvida det är bättre att transportera avfallet till de befintliga anläggningarna istället för att bygga en ny anläggning.

I Boden undersöks substrattillgången inom 15 mil från anläggningen och i figuren nedan visas vilka områden Boden och Skellefteås biogasanläggningar täcker upp inom en radie av 15 mil.



Figur 6. Upptagningsområde 15 mil radie kring Boden och Skellefteås samrötningsanläggningar

Som figuren visar så kommer anläggningarna i Boden och Skellefteå med stor sannolikhet att kunna behandla allt matavfall och livsmedelsavfall som genereras i kustområdet och därigenom bidra till att konkurrensen om dessa substrat även i framtiden kommer att bevaras.

I inlandskommunerna är mängden matavfall mindre, men transportavstånden till de befintliga samrötningsanläggningarna är långa. Om matavfall och livsmedelsavfall från inlandet ska kunna behandlas i en biogasanläggning kan det finnas ett behov av nya anläggningar.

Vad gäller biogasanläggningar som behandlar gödsel så finns det idag endast en anläggning i drift i Alvik, utanför Luleå. För att öka andel gödsel som rötas behöver nya anläggningar byggas. Det blir även tydligt då flera projekt (Kulboliden, Vännäs och Lillpite) som har gödsel som substrat har identifierats både i Norrbotten och Västerbotten.

2.5 Lokalisering av biogasanläggning

Vid en lokaliseringsutredning för en biogasanläggning bör följande parametrar beaktas:

Kommunala planer

Lokaliseringen bör inte strida mot kommunens översiktsplan eller detaljplaner. Lokaliseringsalternativ på mark som är utmärkt för framtida verksamhetsändamål i översiktsplan, eller används för verksamhetsändamål är mest lämplig.

Tillgänglig mark

Tillräcklig areal skall finnas tillgänglig.

Närboende

Det är av stor vikt att eventuella närboende inte störs av verksamheten. Luktproblem och buller från transporter brukar vara källor till oro, men problemen kan minimeras med en lämplig lokalisering och en anpassad utformning av anläggningen. Det finns idag inga lagstadgade krav på minsta avstånd till bostadsområden. Däremot finns ett riktvärde i Boverkets allmänna riktlinjer (1995:5) på 500 m.

Transportmöjligheter

Tunga fordon skall kunna nå anläggningen på ett trafiksäkert sätt utan att skapa olägenhet för närboende.

Områdesskydd och riksintressen

Områdesskydd kan innebära t.ex. naturreservat eller Natura-2000 områden, som är olämpliga lokaliseringar. Riksintresse-områden för kulturmiljö, friluftsliv m.m. ska också beaktas.

Transportavstånd

Anläggningen skall lokaliseras så att transportavstånd minimeras. Det är viktigt för både ekonomin och miljön. Avståndet för transport av flytgödsel är viktiga eftersom energiinnehållet är lågt och mängden avsevärd. Den miljömässiga vinsten med biogasproduktion från flytgödsel är därmed mycket beroende av transportavståndet.

Avsättningsmöjligheter för biogödseln

Det är önskvärt att lokalisera biogasanläggningar nära spridningsarealer för att minska transporter vid spridning av biogödseln

Närhet till avsättning för gasen

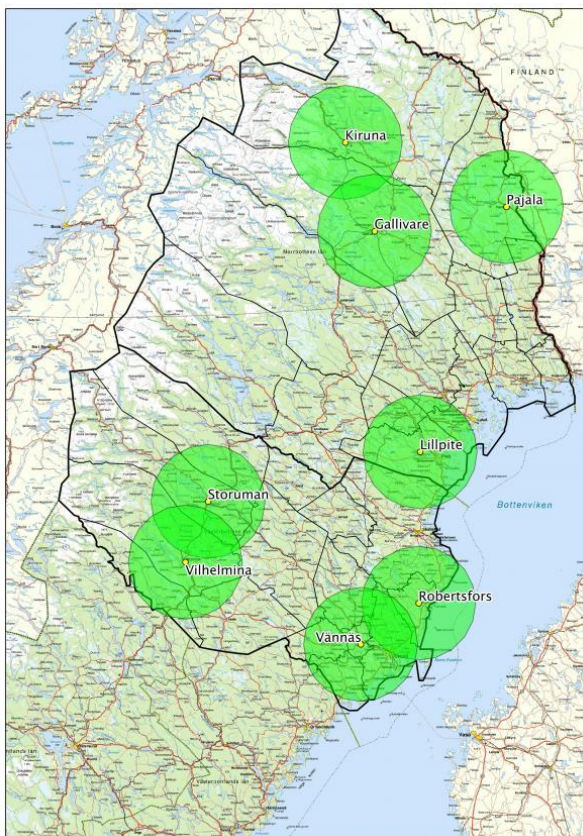
Det är kostsamt att transportera gas på flak. Vid korta avstånd kan det vara möjligt att bygga gasledning till konsumenterna.

Samordningsfördelar

Möjligheter till samarbete med annan part vad gäller t.ex. energiförsörjning, transporter, spridning av biogödsel eller personal skapar ett mervärde till biogasanläggningen och ger bättre ekonomiska förutsättningar.

2.6 Sammanfattning

Det finns förutsättningar för att öka biogasproduktion i Norrbotten och Västerbotten men det skiljer sig väldigt mycket åt beroende på var i regionen man befinner sig. Kustområdet i Norrbotten och Västerbotten har idag betydligt bättre förutsättningar än inlandet både på grund av befolkningstätheten samt en mer omfattande lantbruksverksamhet. Det finns dock områden i inlandet som ändå kan vara lämpliga för biogasproduktion. Nedan visas en karta med områden som anses vara extra intressanta (sk kallade hot-spots") på grund av olika faktorer.



Figur 7. "Hot-spots" för ökad biogasproduktion i Norrbotten och Västerbotten

Området kring Gällivare, Kiruna och Pajala anses vara ett intressant område på grund av dels en relativ befolkningstäthet samt det långa avståndet till befintliga samrötningsanläggningarna i Boden och Skellefteå. Som det visas i figur 5 så ligger inte detta område inom uppskattat upptagningsområdet för dessa anläggningar. Det finns dessutom i detta område en närhet till både Finland och Norge varifrån det eventuellt kan finnas möjligheter att importera organiskt avfall till en biogasanläggning. Det finns dock inget utbredd lantbruk varför en biogasanläggning i detta område främst bör vara inriktat på att behandla industriellt avfall samt utsorterat matavfall från hushåll eller storkök. Totalt så uppgår potentialen i Kiruna, Gällivare och Pajala kommun till över 15 GWh/år.

Även området kring Vilhelmina och Storuman kan vara intressant ur biogassynpunkt av ungefär samma anledningar som ovan. De långa transportavstånden till kusten motiverar möjligtvis satsning på en lokal biogasanläggning för att behandla lokala avfallsströmmar som uppkommer från lokala livsmedelsindustrier och hushållen. Potentialen för Storuman och Vilhelmina uppskattas i fas 1 rapporten till drygt 10 GWh/år.

Vid kusten har tre områden kring Vännäs, Robertsfors och Lillpite pekats ut som intressanta för biogasproduktion. Bara potentialen från gödsel uppskattas för de tre kommunerna till omkring 30 GWh/år och det är till skillnad från inlandet främst avfall från lantbruket som bör utgöra råvarubasen. Beroende på förutsättningarna så kan det antingen byggas små lokala biogasanläggningar som endast behandlar substrat från den egna gården och använder biogasen för kraftvärmeproduktion. Alternativt så fokuseras det på större samverkansprojekt där flera gårdar gemensamt behandlar sitt avfall i en central biogasanläggning. De större produktionsvolymerna av biogas kan då eventuellt motivera uppgradering till fordonsgas vilket i många fall har visat sig ge bäst miljöeffekter och i många fall en bättre ekonomi än kraftvärmeproduktion.

Utöver dessa områden så finns det även enskilda lantbruk som kan ha förutsättningar för att investera i en mindre lokal biogasanläggning. Som figur 5 visar så finns det ett flertal större lantbruk som skulle kunna ha de förutsättningar som krävs för en biogasanläggning baserad på gårdens egen gödsel.

3 Typanläggning 1 - Gårdsanläggning

Detta kapitel beskriver en mindre typanläggning som kan vara lämplig för mindre enskilda lantbruk med omkring 70 mjölkkor plus rekrytering som vill röta sin egen gödsel.

3.1 Substrat och storlek

Anläggningen är dimensionerad för att kunna röta omkring 3 000 m³ flytgödsel per år och nedan visas en översiktlig tabell över substratmängder, gasproduktion och röt-kammarstorlek.

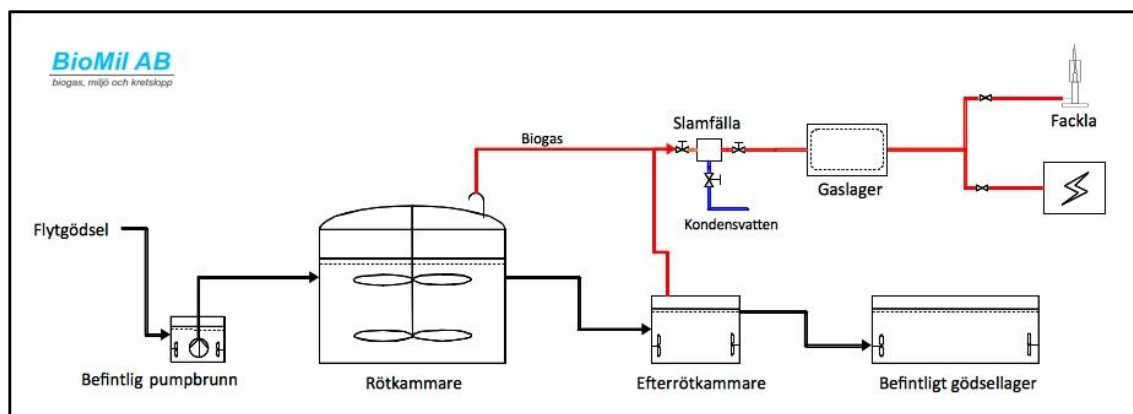
Tabell 2. Substrat, gasutbyte och röt-kammarvolym

Substrat	Mängd		Gasutbyte	Gasproduktion	Uppehållstid	Röt-kammarvolym	
Typ	m ³ /år	m ³ /dygn	MWh/ton vv	MWh/år	dygn	våtvolum, m ³	total volym, m ³
Nötflytgödsel	3000	8,2	0,145	435	25	205	235

I Tabellen visas att gasproduktionen beräknas till ca 0,4 GWh per år och den totala röt-kammarvolymen bör vara ca 240 m³ för att ge en uppehållstid på ca 25 dygn vilket är lämpligt för en mesofil (dvs omkring 37 °C) process.

3.2 Processbeskrivning

Biogasprocessen som beskrivs är en totalomblandad kontinuerlig våtrötning och anläggningens utformning har anpassats för att minska investeringskostnaderna. Detta innebär bland annat att anläggningen i så stor utsträckning som möjligt utnyttjar befintlig infrastruktur. Nedan visas ett översiktligt flödesschema över biogasprocessen.



Figur 8. Översiktligt flödesschema för en mindre gårdsanläggning

Själva biogasanläggningen består av följande huvuddelar:

- Mottagning och förbehandling
- Röt-kammare
- Efterröt-kammare och biogödselhantering
- Gassystem
- Värme/Kraftvärmeenhet

Anläggningen är anpassad för rötning av substrat från den egna gården vilket innebär att verksamheten inte omfattas av kravet på hygienisering enligt animaliska biproduktsförordningen, ABP. Det är därför inte nödvändigt med något system för hygienisering.

Mottagning och förbehandling

Mottagningsstationen för inkommande material har till uppgift att ta emot flytande och fast material till biogasanläggningen. I denna anläggning är det endast flytgödsel som ska rötas varför gårdens befintliga gödselbrunn rekommenderas för detta syfte. Detta förutsätter att pumpbrunnen redan är utrustad med en skärande centrifugalpump som kan användas för att mata rötkammaren. Pumpbrunnens befintliga ledning direkt till gödselbehållaren bör finnas kvar för att kunna förbikoppla rötkammaren vid eventuellt driftstopp.

Rötkammare

Det är i rötkammare som det organiska materialet bryts ned och biogas bildas. Rötkammaren är gastät, utrustad med ventiler för avsäkring mot under- och övertryck och försedd med system för omrörning, uppvärmning och temperaturkontroll. Rötkammaren ska även förses med ett system för att omhänderta den producerade biogasen. Substratet pumpas in regelbundet samtidigt som motsvarande volym rötat material bräddas ut till efterrötkammaren vilket ger att mängden substrat i rötkammaren hela tiden är densamma.

Efterrötkammare och biogödselhantering

Metanproduktionen pågår fortfarande i utgående ström från rötkamrarna och innehåller mindre mängder löst metangas. Med tanke på klimatpåverkan och ekonomi ska denna inte avgå till atmosfären utan samlas istället upp i en efterrötkammare. Från rötkammaren pumpas eller bräddas biogödsel därför till en efterrötkammare. Efterrötkammaren kommer inte att vara uppvärmd vilket innebär att metanbildningsprocessen avstannar och biogasproduktionen klingar av. Eventuellt kan både pumpbrunnen och efterrötkammaren utrustas med värmeslingor som kan ta tillvara på värmen från biogödseln och utnyttja den för att höja temperaturen på gödseln som ska matas in till rötkammaren.

Avslutningsvis bräddas biogödseln till de befintliga gödselbrunnarna. Eftersom biogödseln har en hög andel ammoniumkväve och dessutom inte bildar något naturligt svämtäcke, bör slutlagret vara täckt för att förhindra ammoniakavgång.

Gassystem

Biogas produceras i rötkammaren och efterrötkammaren som är anslutna till ett gaslager. Gaslagret är viktigt för att upprätthålla erforderligt systemtryck på anläggningens gasproduktionssida, som korttidsbuffert samt som reglerparameter för gasförbrukaren.

Om någon av rötkamrarna utrustas med ett dubbelmembrantak kan det utnyttjas som gaslager, annars måste ett externt gaslager i tex en container byggas.

Från gasklockan ska det gå en gasledning till en fackla för att gasen då behov uppstår ska kunna facklas bort och inte behöva släppas direkt till atmosfär (s.k. "kallfackling"). Facklan ska ha kapacitet att förbränna hela gasproduktionen och vara utrustad med elektrisk tändning som inte får kräva kontinuerlig gastillförsel till pilotlåga eller liknande. Gasledningen från rötkamrarna till gasförbrukaren bör utrustas med en slamfälla som kan fånga upp bildat kondensvatten och skydda gassystemet vid eventuell skumning i rötkammaren.

Värme/Kraftvärmeenhet

För denna storlek av biogasanläggning så anses inte uppgradering av biogasen vara ett alternativ på grund av den höga investeringskostnaden utan värme eller kraftvärme är ofta mer passande. Beroende på gårdens förutsättningar så förbränns gasen i antingen i en gaspanna och/eller i ett kraftvärmeverk.

I detta fall så har ett kraftvärmeverk (ottomotor) inkluderats i investeringen. El och värme som produceras används internt för att tillgodose gården och biogasprocessens behov och nedan visas en tabell över hur stor andel av den producerade energin som finns tillgänglig.

Tabell 3. Brutto och nettoenergi

	Bruttoenergi	CHP, elverk. 30 %, totalverk. 90 %		Biogasprocessens energibehov		Nettoenergi	
	Biogas	El	Värme	El	Värme	El	Värme
kWh/år	430 000	129 000	258 000	8 760	150 000	120 240	108 000

3.3 Ekonomisk kalkyl

I tabellen nedan visas en investeringskalkyl för den beskrivna anläggningen där kapitalkostnader har beräknats med hjälp av nuvärdesmetoden.

Tabell 4. Investeringskalkyl

Investerings kostnad [kr]	
Biogasanläggning	2 375 000
Kraftvärmeenhet	400 000
Summa investering	2 725 000
Investeringsstöd	-1 387 500
Summa med investeringsstöd	1 387 500

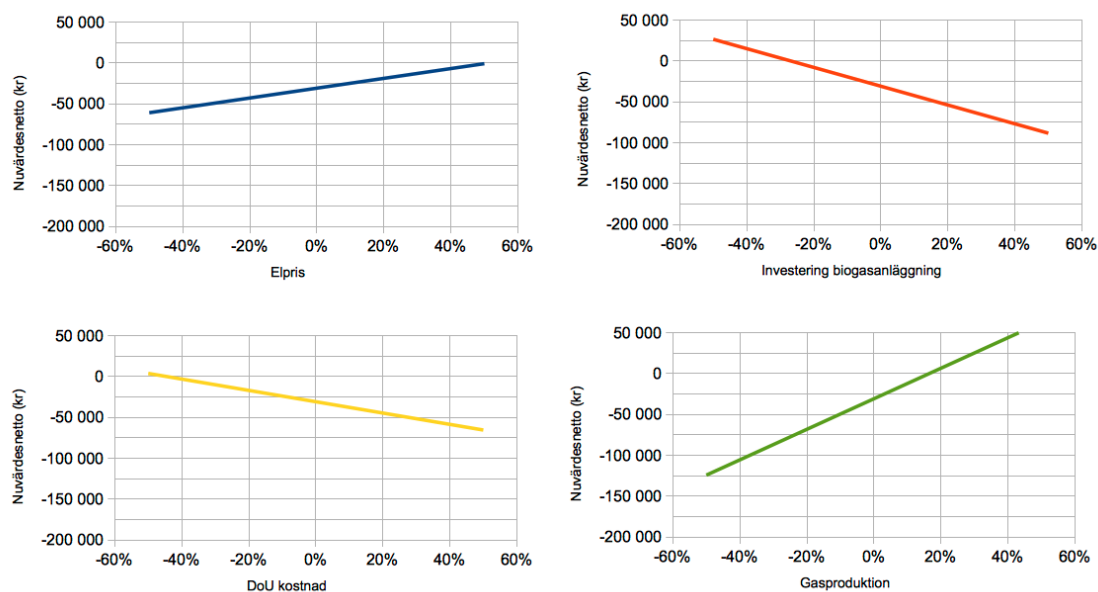
Övrigt	
Investeringsstöd	50,0%
Ränta	4,5%
Avskrivningstid biogas [år]	20
Avskrivningstid kraftvärme [år]	8

Utgifter			
	mängd	á pris	[kr/år]
Kapitalkostnader			
Biogasanläggning (med inv. bidrag)	-	-	91 290
Kraftvärme (med inv. bidrag)			30 322
Summa kapitalkostnad			121 612
Drift- och underhållskostnader			
El	8 760	0,00	0
Värme	150 000	0,00	0
Personalkostnad, 0,5 h/dag	183	250,0	45 625
Underhållskostnad biogas, 1% av inv.	-	-	23 750
Underhållskostnad CHP 5 % av inv.	-	-	20 000
Summa DoU			69 375
Summa Utgifter			190 987
Intäkter			
Elcertifikat	129 000	0,25	32 250
Försåld eller ersatt el	120 240	0,50	60 120
Försåld eller ersatt värme	108 000	0,35	37 800
Biogödsel	3 000	10,00	30 000
Metanreduceringsstöd	430 000	0,00	0
Summa			160 170
Nuvärdesnetto			
Utgifter			-190 987
Intäkter			160 170
Summa			-30 817

Som tabellen visar så beräknas den totala investeringen inklusive kraftvärmeverk ligga omkring drygt 2,7 Mkr och kalkylen pekar på att investeringen med ovanstående antagande inte är lönsam. För att närmare analysera kalkylen så redovisas i nästa kapitel en känslighetsanalys.

3.4 Känslighetsanalys

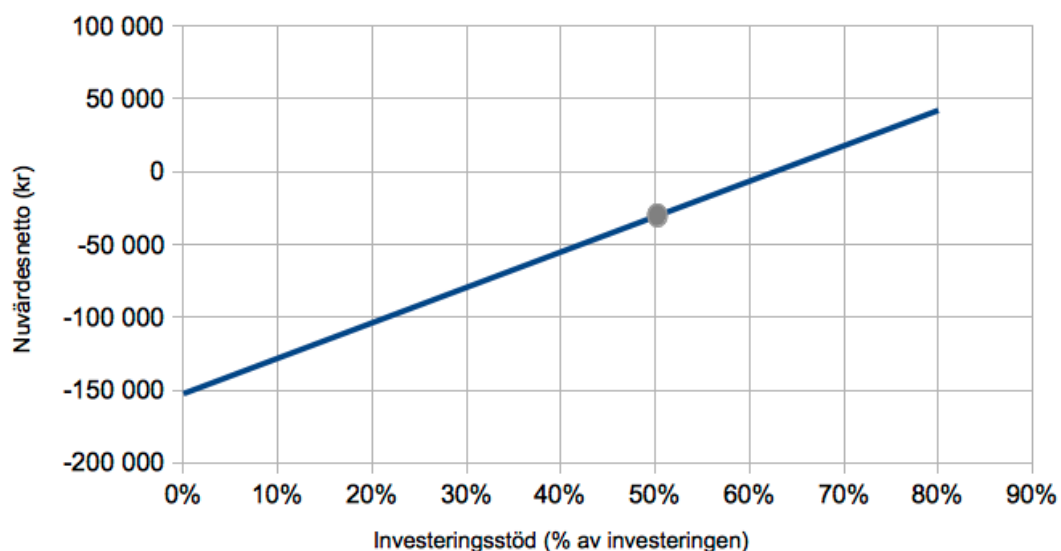
Genom att variera kritiska variabler och sedan studera hur det påverkar resultatet så kan en bättre analys göras av investeringen. Nedan visas hur en förändring av någon av de fyra variablerna påverkar nuvärdesnettot. Ju brantare kurvan är desto kraftigare påverkar en förändring av en variabel resultatet och ur figurerna kan det utläsas att investeringskostnaden samt den förväntade gasproduktionen procentuellt har en betydligt större inverkan på resultatet än t.ex. elpriset.



Figur 9. Känslighetsanalys

Storleken på investeringsstödet en lantbrukare kan räkna med varierar idag. Det stöd som vanligtvis går att få beviljat är från Jordbruksverkets landsbygdsprogram och i södra Sverige så är gränsen 30 % av investeringskostnaden samt med ett tak på ca 1,8 Mkr medan det i norra Sverige går att få upp till 50 %. I investeringskalkylen så har ett investeringsstöd på 50 % antagits (grå prick) men i figur nedan visas hur storleken på investeringsstödet skulle påverka resultatet.

Tabell 5. Investeringsstödet påverkan på investeringskalkylens nuvärdesnetto.



3.5 Exempel på motsvarande anläggning i drift

Det finns i Sverige idag ett fåtal mindre gårdsanläggningar i motsvarande storlek som beskrivits ovan. Ett exempel som på senare år fått uppmärksamhet är biogasanläggningen vid Yttergårde lantbruk i Jämtland som till stora delar byggts och konstruerats av en av delägarna Mats Gustafsson.

Yttergårde lantbruk AB är ett familjeägt bolag som driver mjölkproduktion med ca 65 stycken mjölkkor plus rekrytering som årligen genererar ca 3000 m³ gödsel. Idéer om biogasproduktion på gården har funnits länge men det var först 2009 som byggnationen startade och anläggningen driftsattes i början av 2010. Förhoppningen är att årligen producera omkring 0,5 GWh biogas som ska förbrännas i ett kraftvärmeverk för produktion av el och värme som i första hand ska utnyttjas på gården.

För att minska investeringskostnaden så valde de att istället för att köpa en nyckelfärdig lösning av en leverantör själva bygga stora delar av biogasanläggningen. Detta har lett till en ovanlig lösning där rötchambaren integrerats med de befintliga gödselbehållarna. Totalt sett så uppgick investeringen till 2 350 000 kr plus eget arbete där ett investeringsstöd på 50 % har erhållits från Jordbruksverkets landsbygdsprogram. Det finns idag stora förhoppningar om att investeringen i framtiden ska visa sig lönsam dels genom att ersätta det gamla vedeldade uppvärmningssystemet samt bidra till en minskad användning av handelsgödsel då den producerade biogödseln har en högre andel ammoniumkväve än tidigare ej rötad gödsel. Förutom de ekonomiska effekterna så värderar även familjen Gustafsson de miljömässiga effekterna högt samt att de upplever en trygghet att kunna bli självförsörjande på el.

4 Typanläggning 2 - Lantbruksbaserad anläggning

I detta kapitel beskrivs en anläggnings som är anpassad för att centralt kunna behandla en större mängd gödsel och energigrödor från flera lantbruk. Gödselmängden motsvara omkring 450 mjölkcor.

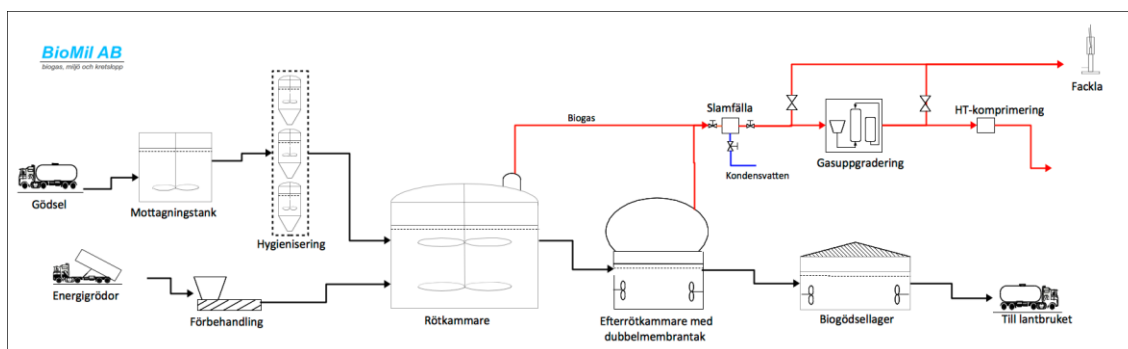
4.1 Substrat och storlek

Anläggningen är dimensionerad för att kunna röta omkring 20 00 m³ flytgödsel samt 5000 ton energigrödor per år och nedan visas en översiktlig tabell över substratmängder, gasproduktion och röt-kammarstorlek.

Tabell 6. Substrat, gasutbyte och röt-kammarvolym

Substrat	Mängd		Gasutbyte	Gasproduktion	Uppehållstid	Röt-kammarvolym	
Typ	m ³ /år	m ³ /dygn	MWh/ton vv	MWh/år	dygn	våtvolum, m ³	total volym, m ³
Nötflytgödsel	2000	54,8	0,145	2890	-	-	-
Energigrödor	5000	13,7	0,868	4340	-	-	-
Summa	25000	68,5	0,289	7230	40	2740	3015

I Tabellen visas att gasproduktionen beräknas till ca 7,2 GWh per år och den totala röt-kammarvolymen bör vara ca 3000 m³ för att ge en uppehållstid på ca 40 dygn. Den långa uppehållstiden bedöms vara nödvändig för att kunna behandla så stora mängder energigrödor som föreslås i substratmixen.



Figur 10. Översiktligt flödesschema

4.2 Processbeskrivning

Själva biogasanläggningen består av följande huvuddelar:

- Mottagning och förbehandling
- Hygienisering
- Röt-kammare
- Efterröt-kammare och biogödselhantering
- Gassystem
- Uppgradering och högtryckskomprimering

Mottagning och förbehandling

Mottagningsstationen för inkommande material har till uppgift att ta emot flytande och fast material till biogasanläggningen. I denna här anläggningen är det främst flytgödsel och fastgödsel samt energigrödor som ska rötas varför anläggningen är utrustad med en mottagningstank för flytande substrat. 20 000 m³ flytgödsel motsvarar ca 55 m³ gödsel per dag och för att anläggningen ska kunna köras även på helger samt ha en viss buffertkapacitet så bör mottagningstanken dimensioneras för ca 4 dygn vilket motsvarar ca 200 m³.

Fasta substrat så som vallensilage eller andra energigrödor förväntas inte behövas lagerhållas på anläggningen utan behandlas då de tas emot. För att minska mekaniska problem med omrörare, värmväxlare och pumpar och maximera gasutbytet så bör energigrödorna finfördelas. En intressant förbehandlingsteknik är bioextrusion som är en mekanisk teknik som leder till en hydrotermisk (termomekanisk) uppslutning av substratet och har visat sig lönsam vid nyttjandet av fiberrika substrat.

Efter förbehandling så matas det fasta materialet direkt in till rötammaren där det blandas med övrigt rötammarinnehåll. Det finns olika tekniker för att mata in fast material och de två vanligaste är att antingen utrusta rötammaren med skruvar som från tex en fodermixervagn kan skruva in fast material. Alternativt så kan en fastinmatningspump installeras som genom recirkulation av rötammarinnehåll blandar in det fasta materialet.

Hygienisering

Anläggningen är anpassad för rötning av substrat från flera olika gårdar vilket innebär att verksamheten omfattas av kravet på hygienisering enligt animaliska biproduktsförordningen, ABP.

Grundkraven för en biogasanläggning som tar emot animaliska biprodukter av kategori 3, samt naturgödsel och från mag- tarmsystemet avskilt mag- och tarminnehåll (kategori 2), är att materialet i anslutning till rötningen passerar ett hygieniseringssteg som inte kan förbikopplas. Kravet för godkänd hygienisering innebär att materialet har en maximal storlek på 12 mm, upphettas till minst 70 °C och därefter håller lägst denna temperatur i minst en timme oavbrutet.

Hygieniseringssystemet består vanligtvis av 1-3 rostfria tankar. Fördelen med att ha tre tankar som växelvis fylls, hygieniserar och töms är att en jämn matning till rötammarna sker. Tankarna är försedda med omrörare och temperaturkontroll för att säkerställa att temperaturen inte understiger 70 °C under uppehållstiden. För en effektiv värmeåtervinning och värmning av substratet till rätt processtemperatur används vanligtvis värmväxlare. Från hygieniseringen pumpas sedan substratet vidare till rötammarna.

Rötammare

Det är i rötammare som det organiska materialet bryts ned och biogas bildas. Rötammaren är gastät, utrustad med ventiler för avsakring mot under- och övertryck och försedd med system för omrörning, uppvärmning och temperaturkontroll. Rötammaren ska även förses med ett system för att omhänderta den producerade biogasen. Substratet pumpas in regelbundet samtidigt som motsvarande volym rötat material pumpas ut till efterrötammaren.§

Efterrötammare och biogödselhantering

Metanproduktionen pågår fortfarande i utgående ström från rötammarna och innehåller mindre mängder löst metangas. Med tanke på klimatpåverkan och ekonomi ska denna inte avgå till atmosfären utan samlas istället upp i en efterrötammare. Efterrötammaren kommer inte att vara uppvärmd vilket innebär att metanbildningsprocessen avstannar och biogasproduktionen klingar av. Eventuellt kan anläggningen utrustas med ett system för värmeåtervinning som tar tillvara på värmen från biogödseln och utnyttja den för att höja temperaturen på gödseln som ska matas in till hygieniseringen.

Avslutningsvis transporteras biogödseln från efterrötammaren till ett biogödsellager innan vidare transport tillbaka till lantbruket. Eftersom biogödseln har en hög andel ammoniumkväve och dessutom inte bildar något naturligt svätmäcke, bör slutlagret vara täckt för att förhindra ammoniakavgång.

Gassystem

Biogas produceras i rötammaren och efterrötammaren som är anslutna till ett gaslager. Gaslagret är viktigt för att upprätthålla erforderligt systemtryck på anläggningens gasproduktionssida, som korttidsbuffert samt som reglerparameter för gasförbrukaren.

Om någon av rötammarna utrustas med ett dubbelmembrantak kan det utnyttjas som gaslager, annars måste ett externt gaslager i t.ex. en container byggas.

Från gasklockan ska det gå en gasledning till en fackla för att gasen då behov uppstår ska kunna facklas bort och inte behöva släppas direkt till atmosfär (s.k. "kallfackling"). Facklan ska ha kapacitet att förbränna hela gasproduktionen och vara utrustad med elektrisk tändning som inte får kräva kontinuerlig gastillförsel till pilotlåga eller liknande. Gasledningen från rötammarna till gasförbrukaren bör utrustas med en slamfälla som kan fånga upp bildat kondensvatten och skydda gassystemet vid eventuell skumning i rötammaren.

Uppgradering och högtryckskomprimering

Den producerade biogas kommer att uppgraderas och sedan komprimeras och tankas på mobila gasflak som kan transporteras till tankstationen. Anläggningen kommer att producera omkring 140 Nm^3 rågas per timme med metanhalt på ca 60 %. Detta motsvarar ca $80 \text{ Nm}^3/\text{h}$ fordonsgas vilket ger att det tar ca 1 dygn att fylla ett mobilt gasflak på 2000 Nm^3 .

Det åtgår en hel del elektrisk energi till uppgradering och högtryckskomprimering. För en vattenskrubber så är elbehovet vanligtvis omkring $0,27 \text{ kWh}/\text{Nm}^3$ rågas och för att komprimera biogas från 4-250 bar så krävs det ca $0,29 \text{ kWh el}/\text{Nm}^3$ fordonsgas.

4.3 Ekonomisk kalkyl

I tabellen nedan visas en investeringskalkyl för den beskrivna anläggningen där kapitalkostnader har beräknats med hjälp av nuvärdesmetoden.

Tabell 7. Investeringskalkyl

Investerings kostnad [kr]	
Biogasanläggning	12 000 000
Förbehandling Bioextrusion	1 300 000
Uppgradering inkl HT-komp	10 500 000
Summa total investering	23 800 000
Investeringsstöd	-11 900 000
Summa med investeringsstöd	11 900 000

Övrigt	
Investeringsstöd	50,00%
Ränta [%]	4,50%
Avskrivningstid [år]	20

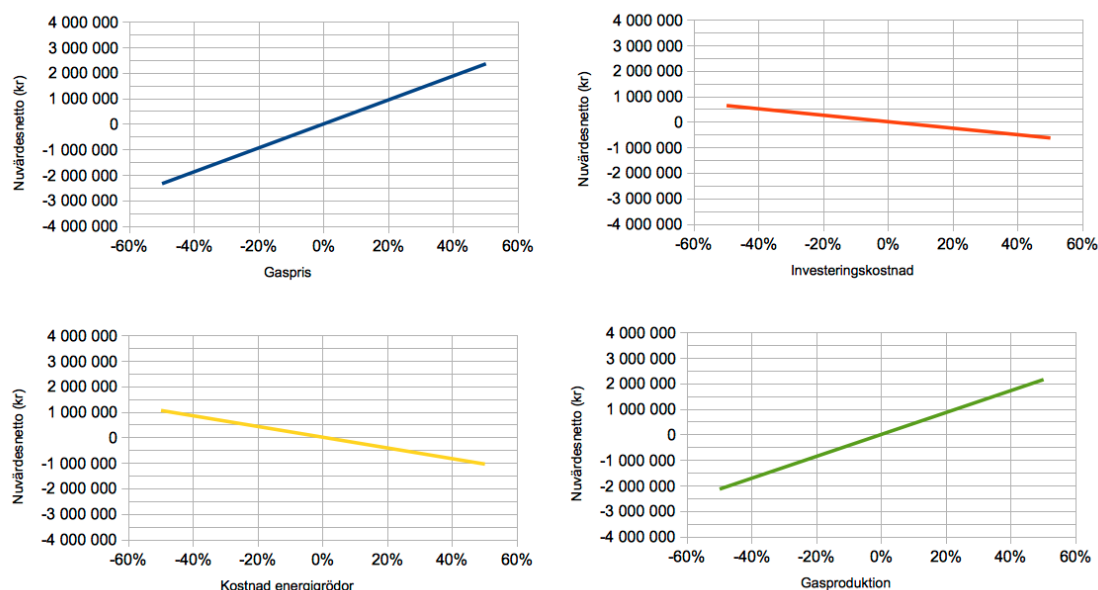
Utgifter			
	mängd	á pris	[kr]
Kapitalkostnad (med inv. bidrag)	-	-	914 826
Summa			914 826
Driftskostnad			
El	840 218	0,75	630 164
Värme	625 000	0,50	312 500
Råvara			
Nötflytgödsel	20 000	0,00	0
Energigrödor	5 000	420,00	2 100 000
Personalkostnad, 1 halvtid	1 460	250,00	365 000
Underhållskostnad, 1,5% av inv.	-	-	357 000
Summa DoU			3 764 664
Summa			4 679 490
Intäkter			
Försåld fordonsgas	7 229 500	0,65	4 699 175
Biogödsel	25 000	0,00	0
Metanreduceringsstöd	7 229 500	0,00	0
Summa			4 699 175
Årligt netto			
Utgifter			-4 679 490
Intäkter			4 699 175
Summa			19 685

Som tabellen visar så beräknas den totala investeringen uppgå till knappt 24 Mkr. Kalkylen visar att investeringen med ovanstående antagande är lönsam. En stor kostnad är inköp av energigrödor och det har i detta fall antagits en råvarukostnad på 420 kr per ton våtvikt vilket motsvarar ca 1200 kr per ton TS vid en torrhalt på 35 %. I ovanstående kalkyl så har kostnaderna för transport av flytgödsel och biogödsel kvittats mot värdet av biogödsel som en antagen besparing vad gäller minskat behov av handelsgödsel.

4.4 Känslighetsanalys

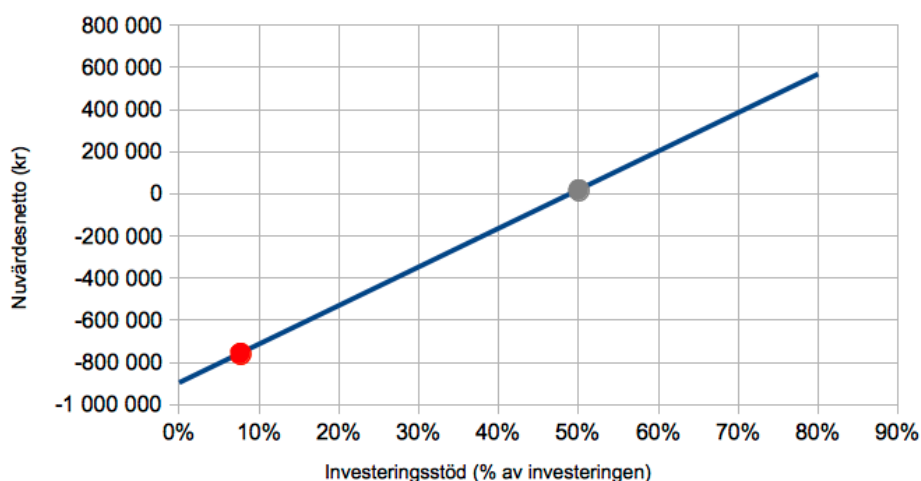
Genom att variera kritiska variabler och sedan studera hur det påverkar resultatet så kan en bättre analys göras av investeringen. Nedan visas hur en förändring av någon av de fyra variablerna påverkar nuvärdesnettot. Ju brantare kurvan är desto kraftigare påverkar en förändring av en variabel

resultatet och ur figurerna kan det utläsas att investeringskostnaden samt det förväntade gaspriset procentuellt har en betydligt större inverkan på resultatet än tex investeringskostnaden.



Figur 11. Känslighetsanalys som visar hur gaspriset, investeringskostnaden, råvarukostnaden samt den förväntade gasproduktionen påverkar investeringskalkylens nuvärdesnetto.

Investeringsstödet är en viktig faktor för att kunna finna lönsamhet i biogasprojekt idag. Det är tyvärr svårt att med dagens energipriser och investeringsnivåer motivera en investering utan investeringsbidrag. I investeringskalkylen har det antagits att ett investeringsstöd på 50 % av investeringen kan erhållas (grå prick). Tidigare har större biogasprojekt kunna erhålla ett så stort stöd genom tex LIP och Klimp men med det tak på 200 000 euro (ca 1,8 Mkr dvs knappt 8 % den beräknade investeringen, röd prick) som fortfarande gäller för Jordbruksverkets landsbygdsprogram är detta en osäkerhetsfaktor.



Figur 12. Investeringsstödet påverkan på investeringskalkylens nuvärdesnetto.

4.5 Exempel på motsvarande anläggning i drift

Det finns flera exempel där flera lantbruk samarbetar och satsar på en central biogasanläggning. Storleken på anläggningarna varierar beroende på tillgång av substrat men en anläggning som ofta lyfts fram som ett lyckat exempel är biogasanläggningen i Katrineholm. Fastän anläggningen kapacitetsmässigt är större än den ovan beskrivna så är konceptet systemmässigt väldigt lika.

Biogasanläggningen i Katrineholm ägs till 51 % av Swedish Biogas International och övrigt av Ericssberg, Fors Säteri, Åkerö Säteri samt Lantbruksgas Sörmland som är en sammanslutning av ca 10 lantbrukare. Anläggningen har kapacitet att behandla upp till 70 000 m³ substrat bestående av främst gödsel samt andra organiska restprodukter från regionen. Målet är att producera upp till 30 GWh biogas per år som ska uppgraderas och säljas som fordonsgas.

Anläggningen byggdes under 2010 och de första leveranserna av fordonsgas gjordes i december 2010. Den totala investeringen för biogasanläggningen inklusive uppgradering och högtryckskomprimering uppgick till ca 47 Mkr varav ett investeringsstöd på 30 % beviljades inom ramen för Klimp.

Det finns idag många projekt under utveckling som har riktat in sig på att centralt behandla gödsel och andra restprodukter från närliggande lantbruk. Exempel på projekt finns t.ex. i Möre i Kalmar (More Biogas), Sjöbo, Skåne (Biogas Färs) och Säterbygden, Dalarna (Biogas i Säterbygden) för att nämna några. Det finns även pågående projekt i Lillpite och i Vännäs och det har tidigare gjorts utredningar kring biogasproduktion i Robertsfors.

5 Typanläggning 3 - Avfallsbaserad torrötningsanläggning

I inlandskommunerna finns mindre mängder slakteriavfall och fiskrens som inte används för biogasproduktion idag. Slakteriavfall, självdöda fiskar från fiskodling, och eventuella andra avfall som ingår i ABP-förordningen kan idag fraktas långa sträckor till behandlingsanläggningar, vilket innebär en betydande kostnad för företagen. Det hade varit önskvärt att kunna behandla matavfall och slakteriavfall av kategori 2 och 3 enligt ABP-förordningen i en lokal biogasanläggning. Det skulle möjliggöra lokal energiproduktion och livsmedelsföretag skulle erbjudas en bättre avsättning för sitt avfall.

Matavfall som samlas in i områdena kring Vilhelmina eller Kiruna behöver fraktas över 20 mil om det ska rötas på samrötningsanläggningarna i Skellefteå eller Boden. Potentialen för insamling av matavfall i Pajala, Kiruna och Gällivare är ca 3000 ton/år. I de södra inlandskommunerna Sorsele, Storuman, Vilhelmina och Dorotea uppgår mängden till ca 1200 ton sammanlagt.

Eftersom utrustning för förbehandling av matavfall till slurry som används i konventionell rötning är dyr, är det inte rimligt att förbehandla matavfallet på samma sätt som på samrötningsanläggningarna i Boden och Skellefteå. Om torrötningsteknik används istället skulle det vara möjligt att hantera matavfallet på ett enklare sätt, jämförbart med behandlingen på en mindre komposteringsanläggning. Där rivs påsarna sönder, och materialet finfördelas med exempelvis en krosskopa.

Åkermarksarealerna i inlandet är inte stora, men ett område på 60 ha ger ca 1000 ton vall (300 ton TS) som kan öka biogasproduktionen och jämna ut belastningen över tiden. Biogödsel från biogasproduktionen ger möjlighet att öka avkastningen i odlingen.

Inlandskommunernas närhet till Norge innebär också att det kan finnas möjlighet att ta emot matavfall och avfall från livsmedelsindustrier från andra sidan gränsen.

Nedan visas ett exempel på råvarusammansättning för typanläggning 3. TS-halten i substratblandningen är ca 30 %. Den årliga biogasproduktionen uppgår till ca 5 GWh/år.

Tabell 8. Exempel på råvarusammansättning för typanläggning 3

Substrat	Mängd [ton/år]	Förbehandling
Matavfall	3100	Enklare förbehandling motsvarande småskalig kompostering, t.ex. krosskopa
Avfall från livsmedelsindustrin: slakteriavfall eller fiskrens kategori 2 och 3 enl. ABP	400	Sönderdelning till < 2 cm för att klara krav i ABP-förordningen
Vall	1000	Finfördelas innan inmatning.
Summa	4500	

5.1 Processbeskrivning

Mottagning och förbehandling

Mängden vallensilage som ska behandlas i anläggningen är inte stor, och den kan ensileras på gårdar där det finns plansilos eller liknade. Det är även möjligt att hantera ensilagebalar, eller att ensilera vall i rörformade plastemballage.

Både matavfall och vall är stapelbart och hanteras med hjullastare. Matavfallet sönderdelas i kross eller rivare innan rötningen för att öppna påsarna och ge en högre biogasproduktion.

Hygienisering

Matavfall ingår i substratmixen och enligt SPCR120 krävs följande (för behandling av endast matavfall och material som ej ingår i ABP):

- Inkommande avfallsmaterial skall finfördelas
- Temperatur/tid för hygieniseringen: Minst 55 °C under minst 6 timmar
- Hydraulisk uppehållstid för rötningen: Minst 7 dygn
- I reaktorn skall råda totalomblandade förhållanden och jämn temperaturfördelning, i annat fall ställs högre krav på temperatur och tid än vad som angivits ovan.

Då ABP-material kategori 3 ingår i substratet gäller följande:

- Maximal partikelstorlek innan materialet har gått igenom enheten: 12 mm
- Minimitemperatur för allt material i enheten: 70 °C
- Minimitid i enheten utan avbrott: 60 minuter
- Alternativa behandlingsmetoder kan användas, t ex lägre temperatur och längre tid.

Det innebär att uppvärmning till 55 grader är tillräckligt om endast matavfall och substrat som ej ingår i ABP-förordningen ska rötas. Matavfall ingår i kategori 3 enligt ABP-förordningen och behöver formellt sett inte hygieniseras, men i praktiken gäller krav på hygienisering för att uppfylla kraven i SPCR120. Om ABP-material som måste hygieniseras ska tillsättas så krävs en sönderdelning till 12 mm, och utvärdering av alternativa krav i samarbete med certifieringsorganet. Eftersom det finns en öppning i ABP-förordningen för att ha längre uppehållstid och lägre temperatur borde det vara rimligt att termofil rötning med en garanterad exponeringstid och uppehållstid kan uppfylla kravet för hygienisering. Detaljerna kring hygieniseringen bör diskuteras med godkännande myndighet.

Rötningsprocess

Typanläggning 3 är en torrötningsanläggning, vilket innebär att råvarorna inte pumpas in i en omrörd tank, som i konventionella anläggningar. Substratblandningen späds inte ut med vatten i torrötningsprocessen, vilket minskar behovet för uppvärmning och ger en mer koncentrerad biogödsel. Ytterligare en fördel är att behovet av förbehandling minskar, vilket gör det möjligt att ta emot nya typer av substrat, eller att förenkla förbehandlingsprocessen för t.ex. matavfall.

Det finns två olika metoder för torrötning; satsvis eller kontinuerlig process. I en satsvis process blandas substratet med ett strukturmateriäl (t.ex. trädgårdsavfall), och behandlas i container- eller garagelikande celler där vatten cirkuleras över materialet under nedbrytningen. Ett annat alternativ är att ha en kontinuerlig process, som kan se ut på flera olika sätt vilket visas i tabell 8.

För avfall som behöver hygieniseras kan det vara en fördel att använda en kontinuerlig process med termofil temperatur (55 grader) och en minsta uppehållstid som uppfyller kravet för hygienisering.

I det här fallet anses en anläggning av typ Eisenmann vara ett bra alternativ. Det är möjligt att modifiera processen jämfört med figuren i tabell 8, och utesluta den omrörda tanken efter den liggande rötkammaren. Då ökas uppehållstiden i den liggande pluggflödesreaktorn.

Tabell 9. Kontinuerliga torrrotningsprocesser; leverantörer, beskrivning och processbilder.

Leverantör	Beskrivning	Processbild
Eisenmann	Liggande pluggflödesreaktor som steg 1, sedan totalomblandad reaktor i steg 2 där torrhalten har sjunkit så långt att innehållet är flytande. Recirkulering från steg 2 eller rötrestlager till inmatningsdelen för ympning och kontroll av konsistens i rötammaren.	
Kompogas, CTU	Liggande pluggflödesreaktor som enda rötammare. Recirkulering runt rötammaren för ympning och kontroll av konsistens i rötammaren.	
OWS	Tillhandahåller Dranco(Farm)-systemet som har en stående pluggflödesreaktor som hjärta. Substrat recirkuleras intensivt genom reaktorn, så att den närmar sig en totalomblandad rötammare. Reaktorns nedre kon ligger utanför recirkuleringen och tjänar som efterrotningssektion.	

Efterbehandling

Rötresten behöver efterbehandlas för att den ska kunna användas som kompostjord. Beroende på rötrestens struktur kan den behöva blandas med parkavfall innan den läggs upp i strängar och efterkomposteras. Därefter behandlas rötresten i en trumsikt, där orenheter avlägsnas och jorden finfördelas.

Kraftvärmeanläggning

Den producerade gasmängden anses vara för liten för att uppgraderas med dagens teknik och ekonomiska förutsättningar. Därför är det bästa alternativet att producera el och värme, särskilt om möjligheterna för att avsätta värmen är goda. Livslängden för en gasmotor är ungefär 40 000 – 60 000 h, och det innebär att ett nytt ställningstagande till avsättning för gasen kan göras när det är dags för en nyinvestering. Nedan visas en tabell över brutto- och nettoenergi efter att biogasprocessens energibehov tillgodosetts.

Tabell 10. Brutto och nettoenergi

	Brutto energi	Kraftvärmeenhet, elverk. 43 %, totalverk. 90 %		Processens energibehov		Netto energi	
		El	Värme	El	Värme	El	Värme
kWh/år	5 000 000	2 150 000	2 350 000	150 000	750 000	2 000 000	1 600 000

5.2 Ekonomisk kalkyl

Nedan visas en ekonomisk kalkyl för en anläggning av typ 3, där t.ex. Eisenmann levererar biogasanläggningen. Kalkylen antar att 50 % av den tillgängliga värmen (d.v.s. 800 MWh/år) kan säljas externt.

Tabell 11. Investeringskalkyl

Investerings kostnad [kr]	
Biogasanläggning	20 865 000
Kraftvärmeenhet	2 000 000
Summa investering	22 865 000
Investeringsstöd	-11 432 500
Summa med investeringsstöd	11 432 500

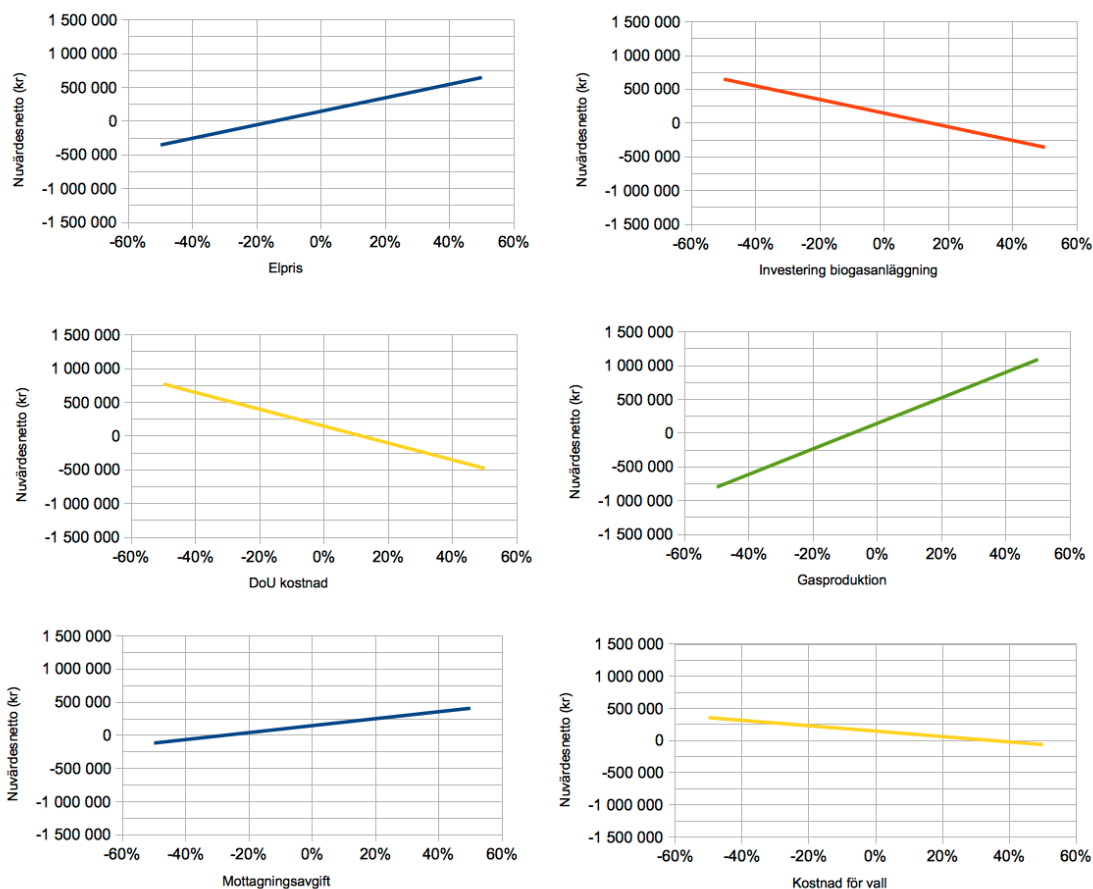
Övrigt	
Investeringsstöd	50,0%
Ränta	4,5%
Avskrivningstid biogas [år]	20
Avskrivningstid kraftvärme [år]	8

Utgifter			
	mängd	á pris	[kr]
Kapitalkostnad (med inv bidrag)	-	-	802 010
Kapitalkostnad kraftvärme (med inv bidrag)	-	-	151 610
Summa kapitalkostnad			953 620
Driftskostnad			
El	150 000	0,00	0
Värme	750 000	0,00	0
Råvara			
Energigrödor	1 000	420,00	420 000
Personalkostnad, 1 heltid	2 086	250,00	521 429
Underhållskostnad biogas, 1% av inv.	-	-	208 650
Underhållskostnad CHP, 5 % av inv	-	-	100 000
Summa DoU			1 250 079
Summa			2 203 699
Intäkter			
Elcertifikat	2 000 000	0,25	500 000
Försäld eller ersatt el	2 000 000	0,50	1 000 000
Försäld eller ersatt värme	800 000	0,35	280 000
Biogödsel-kompost	4 500	10,00	45 000
Mottagningsavgifter	3 500	150,00	525 000
Metanreduceringsstöd	5 000 000	0,00	0
Summa			2 350 000
Årligt netto			
Utgifter			-2 203 699
Intäkter			2 350 000
Summa			146 301

Kalkylen visar att den totala investeringen uppskattas till ca 23 Mkr och kalkylen visar att investeringen med de gjorda antagande idag är lönsam. Det förutsätter dock att hälften av den producerade värmen kan säljas samt att anläggningen kan ta ut en mottagningsavgift för att behandla matavfall.

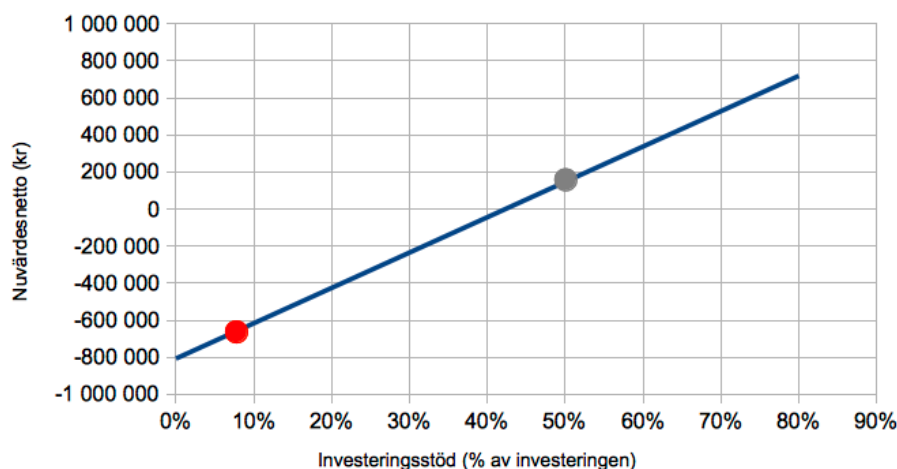
5.3 Känslighetsanalys

Nedan visas hur 6 olika variabler påverkar investeringskalkylen.



Figur 13. Känslighetsanalys

Investeringsstödet är en viktig faktor för att kunna finna lönsamhet i biogasprojekt idag. Det är tyvärr svårt att med dagens energipriser och investeringsnivåer motivera en investering utan investeringsbidrag. I investeringskalkylen har det antagits att ett investeringsstöd på 50 % av investeringen kan erhållas (grå prick). Tidigare har större biogasprojekt kunna erhålla ett så stort stöd genom t.ex. LIP och Klimp men med det tak på 200 000 euro (ca 1,8 Mkr d.v.s. knappt 8 % den beräknade investeringen, grön prick) som fortfarande gäller för Jordbruksverkets landsbygdsprogram är detta en osäkerhetsfaktor.



Figur 14. Investeringsstödet påverkan på lönsamheten

5.4 Exempel på motsvarande anläggning i drift

Torrrotning är en etablerad teknik, främst i Tyskland, men det finns ännu ingen anläggning i drift som behandlar matavfall och kan sägas motsvara den anläggning som beskrivs här. Västblekinge Miljö AB (VMAB) har emellertid beställt en torrrotningsanläggning för matavfall som ska vara på plats vid årsskiftet 2012/2013 och byggnation pågår för tillfället. Processen är dimensionerad för 15000 ton matavfall och 5000 ton trädgårdsavfall.

I upphandlingen av anläggningen inkom 4 anbud, från Eisenmann, Solum, Compogas och OWS. Av dessa var Solum det billigaste alternativet, men Eisenmanns anläggning ansågs bäst motsvara kraven. Intresset i upphandlingen visar att det inte finns något tekniskt hinder för att bygga en avfallsbaserad torrrotningsanläggning. Eisenmann garanterar ett utbyte på minst 120 m³/ ton TS med den givna substratblandningen, men försök har visat att utbytet är minst 180 m³/ ton TS (Göran Sternsén, VMAB).

Förbehandlingen ingår i anläggningen, och består av en rivare och en sikt. I upphandlingen fanns ett krav på att temperatur och uppehållstid i processen skulle uppfylla kraven för certifiering av biogödseln enligt SPCR 120. VMAB planerar dock att efterkompostera biogödseln efter rötningen och producera anläggningsjord. Göran Sternsén (VMAB) ser flera fördelar med en torrrotningsprocess jämfört med en våtröttningsprocess; bl.a. att de papperspåsar som matavfallet samlas in i också rötas och bidrar till biogasproduktionen, och att förbehandlingen av matavfall kan förenklas betydligt.

Kostnaden för biogasanläggningen uppgår till 42 Mkr med totalentreprenad, och ytterligare 8 Mkr för uppgraderingsanläggningen som levereras av Greenlane. VMAB har fått 19 Mkr i investeringsbidrag för projektet vilket motsvarar ca 45 % av investeringskostnaden.

6 Referenser

Benjaminsson J, Nilsson R. Distributionsformer för biogas och naturgas i Sverige. Svenska Gasföreningen, 2009.

Blom H, Mccann M, Westman J. Småskalig uppgradering och förädling av biogas. Agroväst och Energigården, 2012.

Bilaga 1. Förteckning över större lantbruk

Tabell 12. Förteckning över större lantbruk i Norrbotten och Västerbotten

Län	Namn	Postadress	Djurslag
BD	PETTERSSON PETTER	ÄLVSBYN	NÖTKREATUR
BD	FRIGIVA GÅRD AB	ALTERSBRUK	NÖTKREATUR
BD	GRANBERGS LANTBRUK AB	ROKNÄS	NÖTKREATUR
BD	MATS & ÅSA KARLSSON AB	BODEN	NÖTKREATUR
BD	GRAHN FREDRIK	SVENSBYN	NÖTKREATUR
BD	VIBERG MATS	ALTERSBRUK	NÖTKREATUR
BD	HENSVOLD GÅRD AB	LULEÅ	NÖTKREATUR
BD	SANDIN MAGNUS	ÄLVSBYN	NÖTKREATUR
BD	LUTTUGÅRDEN AB	ÖVERTORNEÅ	NÖTKREATUR
BD	SAMUELSSON KENNETH	BODEN	NÖTKREATUR
BD	GRANBERG MATS	ROKNÄS	NÖTKREATUR
BD	JOHANSSON THOMAS	ROKNÄS	NÖTKREATUR
BD	NILSSON ANN-KRISTINE	NIEMISEL	NÖTKREATUR
BD	SNÅRETS LANTBRUK AB	LILLPITE	NÖTKREATUR
BD	ALVIKSGÅRDEN LANTBRUKS AB	LULEÅ	GRIS
BD	POLCIRKELN LANTGÅRD AB	JUOKSENGI	NÖTKREATUR
BD	KLOCKARGÅRDEN I ROKNÄS AB	ROKNÄS	NÖTKREATUR
BD	JOHANSSON TOBIAS	NORRFJÄRDEN	NÖTKREATUR
BD	KARLSSON STEN ROGER	KALIX	NÖTKREATUR
BD	LÅNGSTRÖM YVONNE	BODEN	GRIS
BD	KLÖVERBERGSGÅRDEN AB	LULEÅ	VÄRPHÖNS
BD	MJÖLK OCH AVEL I NORRBOTTEN AB	LULEÅ	NÖTKREATUR
AC	YTTERTAVLE ÄGG AB	UMEÅ	VÄRPHÖNS
AC	BOHMANS HÖNSERI AB	JÖRN	VÄRPHÖNS
AC	BRÄNNFORS LANTBRUK AB	BYSKE	NÖTKREATUR
AC	ÄNGESBÄCKENS LANTBRUK AB	ÅNÄSET	NÖTKREATUR
AC	ERSMARKSGÅRDEN AB	ERSMARK	NÖTKREATUR
AC	KO-OLLES LANTBRUK AB	TVÄRÅLUND	NÖTKREATUR
AC	RESOLUTH SVEN-OLOF	FLARKEN	NÖTKREATUR
AC	STENHALLA GÅRD AB	LÖVÅNGER	NÖTKREATUR
AC	OLOFSSON BENGT ERIK	ERSMARK	NÖTKREATUR
AC	KARLSSONS LANTBRUK AB	UMEÅ	NÖTKREATUR
AC	GUNSHILL AB	ÅNÄSET	NÖTKREATUR
AC	MORLUNDA GÅRD AB	ROBERTSFORS	NÖTKREATUR
AC	LAPPVATTNET LANTBRUK AB	BURTRÄSK	NÖTKREATUR
AC	RÖNNQVISTS LANTBRUK AB	NORDMALING	NÖTKREATUR
AC	HERRGÅRDSFÄBODA AB	ROBERTSFORS	NÖTKREATUR
AC	HOLMFORS GÅRDEN AB	BOLIDEN	NÖTKREATUR
AC	MILAFO LANTBRUK AB	KÅGE	NÖTKREATUR
AC	A J SANDBERG LANTBRUK AB	UMEÅ	NÖTKREATUR
AC	SLU	UMEÅ	NÖTKREATUR
AC	ANTONSSON LENNART GABRIEL	BUREÅ	NÖTKREATUR
AC	SJÖSTRÖM ROLAND	VÄNNÄS	NÖTKREATUR
AC	NYSTRÖM BENGT	SKELLEFTEÅ	NÖTKREATUR
AC	LILLKÄGELIDENS LANTBRUK AB	KÅGE	NÖTKREATUR
AC	ERIKSSON PATRICK	UMEÅ	NÖTKREATUR
AC	NISE JONAS	FLARKEN	NÖTKREATUR
AC	ANDERSSON SVEN-ERIK	BYSKE	NÖTKREATUR
AC	NILSSON MATTIAS	VINDELN	NÖTKREATUR
AC	WINBERG FREDRIK	VÄNNÄS	NÖTKREATUR
AC	NC:S LANTBRUK AB	ÅNÄSET	NÖTKREATUR



AC	WIIK ANDERS	NORDMALING	NÖTKREATUR
AC	ÅBERGS FARMING BURGÄRDAN AB	LÖVÅNGER	NÖTKREATUR
AC	WIKLUNDS MJÖLK I VÄSTERBYN AB	FLARKEN	NÖTKREATUR
AC	WIKSTRÖM BERNT	LÖVÅNGER	NÖTKREATUR
AC	LIDSTRÖM LINDA	VINDELN	NÖTKREATUR
AC	ESKILSBÄCKS LANTBRUK AB	FLARKEN	NÖTKREATUR
AC	PERSSON KRISTER	ÅNÄSET	NÖTKREATUR
AC	JOHANSSON STEPHAN	FLARKEN	NÖTKREATUR
AC	ANDERSSON DAVID	ROBERTSFORS	NÖTKREATUR
AC	LUNDSTRÖM LARS-ERIK	KUSMARK	NÖTKREATUR
AC	LUNDBERG IVAN	VÄNNÄS	NÖTKREATUR



NORRBOTTENS OCH
VÄSTERBOTTENS ENERGI-
OCH KLIMATOFFENSIV

38

Samarbetspartner och finansiärer:



REGION
VÄSTERBOTTEN



Länsstyrelsen
Västerbotten



Länsstyrelsen
Norrbotten

En investering för framtiden



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden