

# ØKO MINIBIOGAS ANLÆG



| Notat

| AF SØREN GUSTAV RASMUSSEN  
AGROTECH  
DECEMBER 2013

## INDHOLD

---

1. Baggrund for projektet .....	3
2. biomasse grundlag .....	3
Husdyrgødning .....	3
Gylle/vandmængde .....	4
Energiafgrøder .....	4
Spildevand fra husstand .....	4
3. forslag til opbygning af biogasanlæg på Højagergård .....	5
4. biogasreaktor .....	5
5. Stald/staldanlæg .....	6
Gylle/ajle .....	6
6. Lager for afgasset biomasse .....	7
7. CHP enhed .....	7
8. Forudsætninger og estimeret methanpotentiale .....	8
Salg af varme .....	9
Salg af el .....	10
Næringsstof udbytte .....	10
Økonomi .....	10
Alternative design/teknikker .....	11
Alternativ udnyttelse af gasproduktion .....	11
9. Konklusion/perspektivering .....	12
10. Bilag .....	13

## 1. BAGGRUND FOR PROJEKTET

---

Der findes i Danmark en del mindre gårde, som oftest drives med planteavl og ingen eller et meget lille husdyrhold. En del af disse vil måske i fremtiden være attraktive for næste generations landmænd, hvis den økologiske drift suppleres med selvforsyning med energi og økologisk gødning.

Projektet søger på en gang at tage hånd om gødningshåndtering, næringsstofoptimering samt den praktiske del af det at drive biogasanlæg og håndtere gødningsproduktet i marken. Konkret tages der udgangspunkt i Højagergård, der ejes af Jørgen Holst. Projektet er gennemført som et samarbejde mellem Agrotech, Økologisk Landsforening og Gårdejer Jørgen Holst.

## 2. BIOMASSE GRUNDLAG

---

Til brug for vurdering af biogaspotentialer er det vigtigt at kende det præcise biomasse grundlag.

### **Husdyrgødning**

Der produceres pt. 130 økologiske slagtesvin med mulig udvikling til 180 indenfor et år. Der regnes i det følgende med 180 slagtesvin.

Det er oplyst, at der produceres ca. 85 m<sup>3</sup> ajle og regnvand m.m. (stigende til 101 m<sup>3</sup>)/år og 85 t meget afføringsmættet gødning (stigende til 118 t)/år.

Der bruges 55 mini bigballer á 250 kg til strøelse. Denne mængde regnes forøget med forholdet 180/130 – til 19.000 kg eller 105 kg halm/svin. Normtal foreskriver 70 kg halm/svin til strøelse.

**Table 1.** Til beregning af biogaspotential er anvendt model for bestemmelse af mængder:

Antal slagte svin	180					
Gyllemængde og sammensætning	Kg	TS%	Kg i alt			
Gylle af dyr (svinegyllens sammensætning 2013)	501,3	9,8%	90234			
Heraf Fæces (svinegyllens sammensætning 2013)	171,3	25,0%	30834			
Heraf Urin (svinegyllens sammensætning 2013)	330	1,9%	59400			
Gyllens fordeling i stald		kg fæces	kg urin	Fæces i alt	Urin i alt	
Stier	30,00%	51,4	99,0	9250,2	17820,0	
Terrasse	70,00%	119,9	231,0	21583,8	41580,0	
	Kg/sv	kg i alt	TS%	kg Ts		
Halm til strøelse i stier	105	18900	85,00%	16065		
	kg/sv	TS kg	TS%	Kg i alt	TS i alt	TS tab kg
Dybstrøelse fra stier	255,4	104,0	40,73%	45970	18722	3744
Gødning mm. fra terrasse	350,9	34,4	9,82%	63164	6200	1240
TS tab i stald	20,00%					
Dybstrøelse fra stier - tørstof tab						
	Kg i alt	TS%				
Dybstrøelse fra stier til lager eller biogasanlæg	42226	35,47%				
Gylle til biogasanlæg eller lager	63164	7,85%				

## Gylle/vandmængde

Regnvandsmængden sættes til 765mm(kilde-klimatilpasning.dk) om året, og der regnes med 60 stipladser, som udløser et udeareal på 60 m<sup>3</sup>. Regnvejrs mængden udgør 45,9 m<sup>3</sup>/året.

Det er oplyst, at der bruges 6 m<sup>3</sup> spulevand om året.

Gylle/vandmængde fra terrasse bliver således:

$$63,2 \text{ m}^3 \text{ gylle} + 45,9 \text{ m}^3 \text{ regnvand} + 6 \text{ m}^3 \text{ spulevand} = \text{i alt } 115 \text{ m}^3.$$

## Energiafgrøder

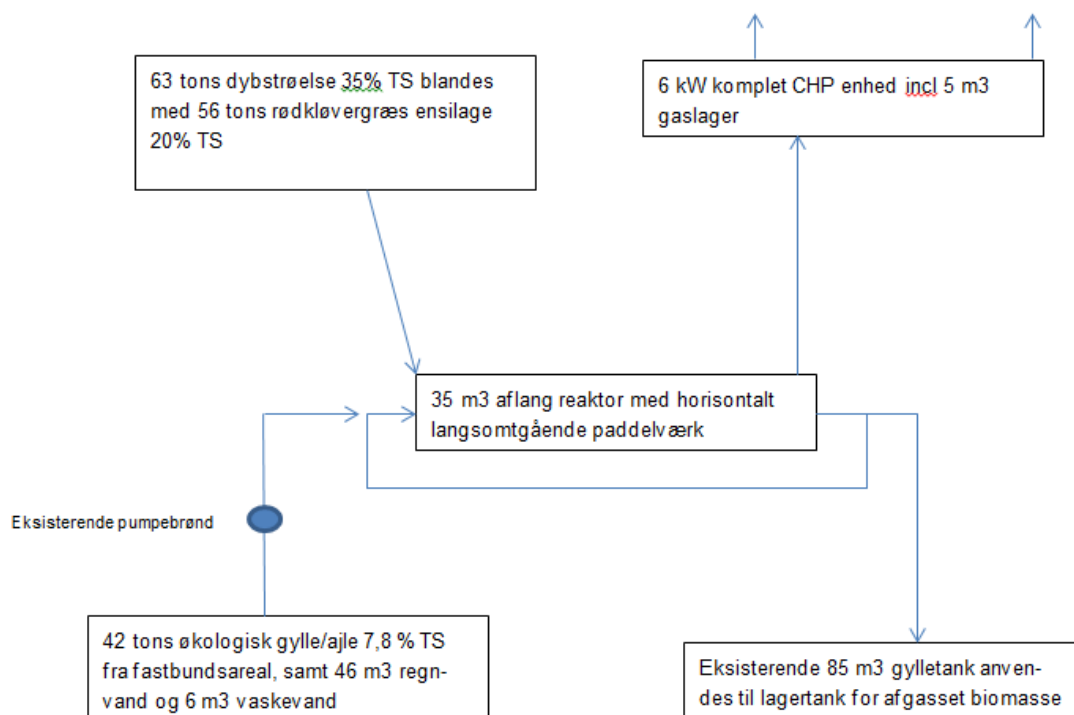
I notat fra Nørhede Consult fremgår det, at der produceres 56 t rødkløvergræs, som tilføres anlægget ved 20 % TS.

## Spildevand fra husstand

Slam fra septiktank ved udlejning af lejligheder: Oplyst af landmand - ca. 2 tons/måned svarende til 120 PE(1 PE=200ltr/d).

Lovgivningen tillader i dag ikke at lede spildevand fra husstande i biogasanlæg. Mængden i dette tilfælde er dog så lille, at den ikke bidrager ret meget til gasproduktionen. Septiktank slam medregnes ikke.

### 3. FORSLAG TIL OPBYGNING AF BIOGASANLÆG PÅ HØJAGERGÅRD



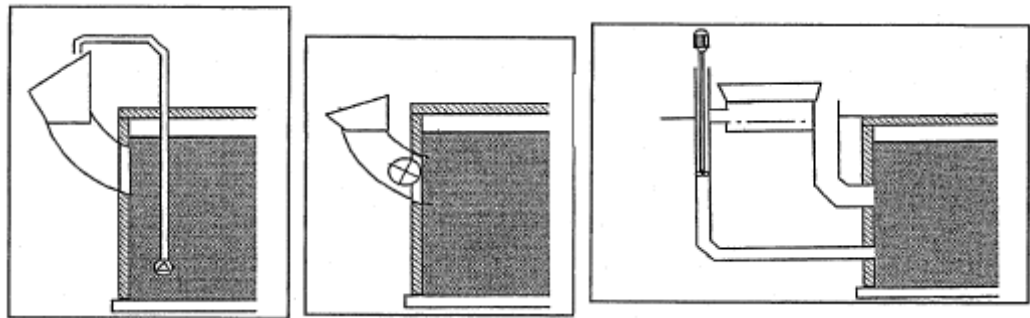
Figur 1

### 4. BIOGASREAKTOR

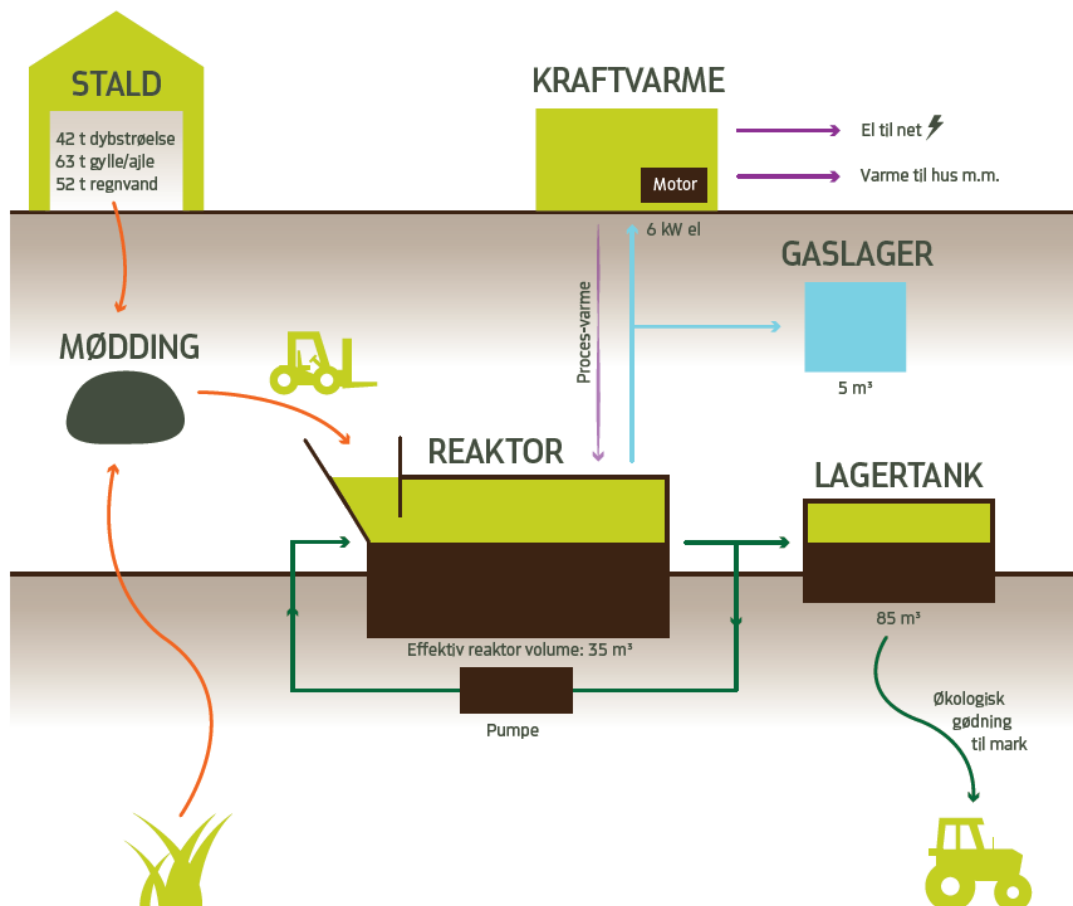
Reaktoren er en aflang vandret liggende tank med et volumen på ca. 35 m<sup>3</sup>. Røreværket består af en vandret monteret aksel i længde retningen af tanken. På akslen er der monteret padler med blade, der funktionsmæssigt vil søge at "skubbe" biomassen fremad i tanken. Røreværket er langsomt kørende.

Reaktoren kan fremstilles i stål eller som firkantet tank i beton. Det anbefales at bygge tanken i stål – betonkonstruktionen anvendes som regel ved større anlæg. Tanken forsynes med udvendig kappe for varmt vand til proces opvarmning. Tanken isoleres og monteres med trapezplader.

Tilførsel af fast biomasse tænkes udført via skakt/sluse åbning som illustreret. Metoden er anvendt i Tyskland i bl.a. Sauters biogasanlæg, og erfaringerne derfra viser, at det er en udmærket, simpel og billig måde at tilføre biomassen på. Herunder ses flere principper for denne måde at tilføre biomasse på alt efter biomassens sammensætning. Eftersom der ikke er nævneværdige erfaringer med disse systemer under danske forhold, bør det afklares, hvilke løsninger der kan overholde gældende lovgivning.



**Figur 2.** Der monteres pumpe for recirkulation over tanken og evt. en afvandingseenhed, hvis det viser sig nødvendigt i forhold til at få den rå biomasse tilført tanken.



**Figur 3.** skitse af forslag til anlæg fremvist ved åbent hus d.19/12-2013 på Højagergård

## 5. STALD/STALDANLÆG

### Gylle/ajle

Udearealet er udført som fast bund med dræn i siderne, der er ført til eksisterende brønd. Regn- og vaskevand samles her med en del gylle/ajle og ledes til eksisterende brønd. Brønden står i dag i forbindelse med eksisterende gylletank. Denne forbindelse sløjfes og i stedet forbindes brønden via fx pumpe med indløbet til reaktor.

Dybstrøelsen tilføres skakt/sluseåbning, som vises på illustration ovenfor. Hvor meget og hvor ofte der kan fyldes dybstrøelse i sluseåbningen, er uvist og må afprøves i

praksis. Det er vigtigt at understrege, at dybstrøelsen tilføres så hurtigt som muligt, da der er et betydeligt TS tab forbundet med håndtering og lagring.

## 6. LAGER FOR AFGASSET BIOMASSE

---

Den eksisterende gylletank på 85 m<sup>3</sup> bevares og anvendes som lager for afgasset biomasse. Tanken forbindes til udledning fra reaktortank via pumpe.

## 7. CHP ENHED

---

Til produktionen installeres en gasmotor fra firmaet EC-Power. Motoren tænkes indbygget i støjtæt container, hvor også et evt. gaslager på 5 m<sup>3</sup> bliver placeret.

**Tabel 2.** Motoren har følgende specifikationer:

Støjniveau dB(A)	49
Mål (L x B x H) cm	92 x 64 x 96
Grundflade m <sup>2</sup>	0,59
Vægt kg	440
Garanti (år)	5
Serviceinterval i driftstimer	10.000
Brændsler naturgas (alle kval.), Propan, Butan	ja
Elektrisk produktion (modulerende) kW	2,5 – 6
Termisk produktion kW	8 – 13,5
Brændstofforbrug (Gas) kW	21,4
Elektrisk virkningsgrad	28 %
Termisk virkningsgrad (uden evt. roggaskondensator)	64 %
Totalvirkningsgrad (uden evt. roggaskondensator)	92 %
Fremløbstemperatur (konstant) °C	80 – 85
Returtemperatur (variabel) °C maks.	5 – 75
Maksimal udstødningstemperatur °C	100
Emissioner	CO: < 150 mg/Nm <sup>3</sup> NOX: < 350 mg/Nm <sup>3</sup>

## 8. FORUDSÆTNINGER OG ESTIMERET METHANPOTENTIAL

**Tabel 3.** De estimerede biomassedata anvendt til modelberegning af indtægter og driftsudgifter af et biogasanlæg.

Beregningerne er uden ansvar									
Biomasse input/output		Flow	TS	%VS/TS	VS	Andet	CH4		
Id	Husdyrgødning Biomasse	ton/år	%	%	%	kg/t	Nm3/t		
19	Dybstrøelse, svin	42	35,4	80%	24,0	42,00	58,19		
26	Svinegylle, økologisk	63	7,9	67%	5,3	22,26	19,12		
<b>Arligt input</b>		<b>105</b>	<b>18,9</b>	<b>72%</b>	<b>12,8</b>	<b>30,2</b>	<b>34,77</b>		
Omsætning af proteiner		55%	Indhold i husdyrgødning			Nm3 CH4/år		3.663	
			4,0	5,0	6,0	13,0	19		
Biomasse input/output		Flow	TS	%VS/TS	VS	Andet	CH4		
Id	Plante Biomasse	ton/år	%	%	%	kg/t	Nm3/t		
107	Klævergræs ikke forterret	56	20,0	90%	18,0	3,21	50,58		
<b>Arligt input</b>		<b>56</b>	<b>20,0</b>	<b>90%</b>	<b>18,0</b>	<b>3,2</b>	<b>50,58</b>		
Omsætning af proteiner		55%	Indhold i energiafgrøder			Nm3 CH4/år		2.832	
			4,0	5,0	6,0	13,0	19		
Biomasse input/output		Flow	TS	%VS/TS	VS	Andet	CH4		
Id	Andet Biomasse	ton/år	%	%	%	kg/t	Nm3/t		
308	Regn/vækstskovsønd	52	-	0%	-	-	-		
<b>Arligt input</b>		<b>52</b>	<b>-</b>	<b>0%</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>		
Omsætning af proteiner		55%				Nm3 CH4/år		0	
<b>Arligt indput</b>		<b>213</b>	<b>14,6</b>	<b>59%</b>	<b>11,03</b>	<b>28,45</b>	<b>6.495</b>		

VfLs beregningsmodel er anvendt, som imidlertid er designet til beregninger over anlæg med væsentlig højere kapacitet. Der må derfor regnes med betydelig usikkerhed på især de beregnede driftsudgifter (se tabel 4), der umiddelbart virker lave. Der skal ikke mange reparationer til, før de bliver endog meget højere.



**Tabel 4.** Beregningerne viser, hvorledes energifordelingen er mellem el og varmeproduktion, hvis man ønsker at udnytte gasproduktionen til produktion af el og varme via gasmotor.

Ammoniak/ammoniumindholdet, max 4,85 kg/t (svarende til 4 kg/t ammonium-N)				
Ammonium-N i reaktor	2,59	Indholdet må ikke overstige 4 kg/ton, da det giver anledning til hæmning af biogasprocessen.		NH3 OK
Indholdet afhænger af ammoniak-/ammoniumindhold og proteinindhold i føden (gyllen)				
Opholdstid (HRT)	50 dage	Kan være højere ved lang opholdstid og mesofil drift. Langsom tilvænnning til NH3		
Headspace	10%			
Reaktorvolumen (effektiv)	29 m <sup>3</sup>			
Reaktorvolumen (total)	32 m <sup>3</sup>			
Organic loading rate (OLR)	2,2 kg VS/m <sup>3</sup> /dag			
		<b>Retur til landm</b>		
Afgasset retur til mark	ca.	25 kg/h	200 ton/år	
<hr/>				
Driftstimer/ år	8.000 h			
Varmekrav til opvarmning/hygiejniserig fra 10 til	38 grader C	ca.	0,87 kWh	
		<b>Indtægt pr. år</b>		
Årlig indtægt ved salg af el	1,09 dkk/kWh		19.713 dkk	
Årlig indtægt ved salg af varme	0,53 dkk/kWh		8.921 dkk	
Årlig indtægt i alt			28.633 dkk	
		<b>Årlige driftsudgifter</b>		
Årlige driftsudgifter			6.873 dkk	
Årlige indtægter			30.600 dkk	
		<b>Årlig resultat (overskud/underski)</b>		
20 årig periode			23.727 dkk	

En gasproduktion på 17,8 m<sup>3</sup> metan/døgn medfører, at der skal vælges en relativ lille gasmotor for at kunne få en stabil drift uden for mange start/stop. En 6 kWh-el Gasmotor fra EC-Power, der er noget af det mindste på markedet, vil kunne fungere, men for ikke at virkningsgraden bliver for lav, er det vigtigt, at motoren kører på fuld last hele tiden dvs. 6 kW. I beregningen ovenfor er der regnet med 8000 timers drift på årsbasis, hvilket gør, at motoren kun kører på halv kraft og dermed mindsker virkningsgraden og ligeledes udøver unødvendig slitage i forhold til den producerede el effekt.

Ved fuld last af motoren er der gasproduktion nok til ca. 3000 timers drift, som skal fordeles jævnt over hele året. Det giver imidlertid en udfordring i forhold til at opretholde en stabil varmeforsyning, som er nødvendig både i forhold til processen, men også i forhold til at kunne sælge varmen eksternt.

### Salg af varme

Det er i beregningerne forudsat, at varmen sælges eksternt til 0,53 kr., og at salget vil indbringe 8.921,- kr./år.

Højagergård køber træpiller til opvarmning for omkring 18.000,-/år i alt 6 tons, som svarer til 29,4 MW. Hvis al overskydende varme anvendes, også røggasvarmen, er der nok til at dække dette behov og derved opnå en besparelse på 18.000 om året. Udgifterne til at opkøbe motorvarmen på bedriftens varmesystem er beskedne i forhold til at skulle kobles op på naboernes varmesystem.

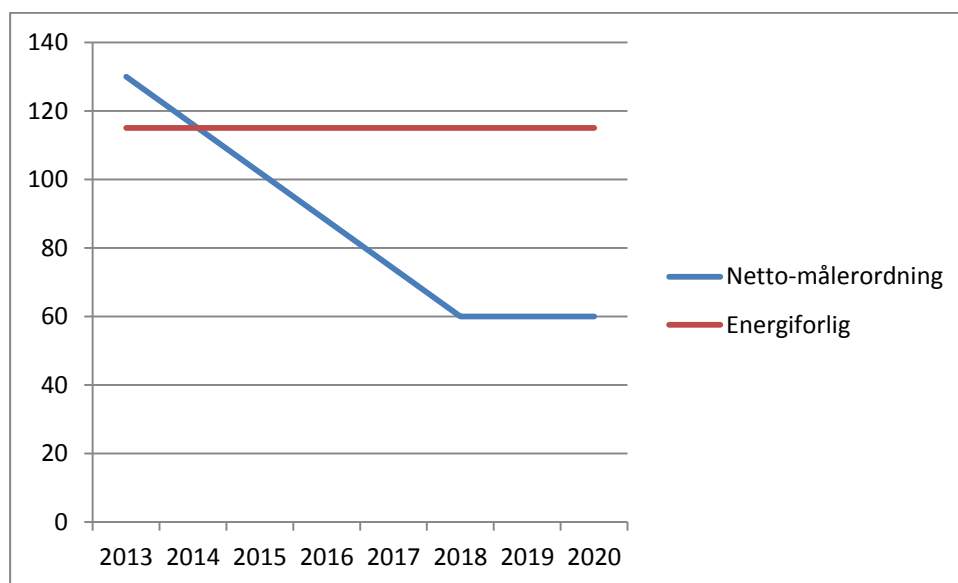
Der er imidlertid ikke her taget højde for årsvariationen i varmebehovet svarende til, at størstedelen af træpillerne bruges i vinterperioden. Ved jævn produktion af biogas over året kan der være problemer med at levere nok varme om vinteren, ligesom der meget vel kan være et overskud om sommeren.

## Salg af el

Det er i beregningerne forudsat, at alt produceret el afsættes til det offentlige el-net. Det har været overvejet at koble sig på nettomålerordningen for VE-anlæg. Biogasanlægget kan godt tilsluttes nettomålerordningen, men ifølge energinet er den overskydende produktion af strøm, der produceres for anlæg  $\leq 6$  kW på 130 øre/kWh i 2013, og derefter falder prisen med 14 øre om året. I det viste tilfælde er motoren på 6 kW.

Ifølge energiforliget er el afregningsprisen 108 øre/kWh i hele forligsperioden, som løber indtil 2020. El afregningsprisen reguleres dog i forhold til naturgasprisen.

At anvende nettomålerordningen i dette tilfælde ville ikke være løsningen.



**Figur 4.** Nedenstående kurve viser el-afregningspriserne ved valg af nettomålerordning og energiforliget.

## Næringsstof udbytte

I bilag "Etablering af biogasanlæg hos økologisk svineavler Jørgen Holst" af Nørhede Consult beskrives, hvorledes markdriften og udnyttelsen af næringsstofferne i den afgassede biomasse udnyttes bedst muligt.

Det er oplyst af Jørgen Holst, at hvis den i bilaget beskrevne markplan udnyttes, vil der evt. kunne spares omkring 10 til 12.000,- kr. om året på indkøb af næringsstoffer.

## Økonomi

På grund af det manglende erfaringsgrundlag er det vanskeligt at estimere den samlede investering. I det følgende er der foretaget en beregning, der tager udgangspunkt i, hvad de estimerede indtægter kan forventes at kunne forrente og afskrive.

Hvis Højagergård installerer gasmotoranlæg, som også udnytter røggasvarmen, vil den samlede indtægt fra elproduktion og varme være 37.703,- kr./år. Sættes besparelsen på indkøb af næringsstoffer til 10.000,-, er det samlede beløb, som kan bruges til forrentning og afskrivning af anlægget 47.703,- kr./år. Fratrækkes de estimerede driftsudgifter, reduceres dette beløb til ca. 40.000 kr. på årsbasis. Den nutidsværdi af investeringen, der kan afskrives over 15 år med en rente på 6 %, er beregnet til knap 400.000 kr.

Da alene gasmotorinstallationen anslås at koste ca. 200.000 kr., skal resten af biogas-anlægget kunne etableres for 200.000 kr. Dvs. indkøb, opstilling og tilslutning af reaktor, gasrensningssystem- omkobling af eksisterende rørforbindelser og evt. anskaffelse af neddelersystem for dybstrøelse samt diverse el- og reguleringsopgaver, som varierer alt efter, hvor detaljeret styringssystemet skal være. Det skønnes, at det kan være vanskeligt at etablere selv et ganske lille biogasanlæg udført i almindelige materiale som traditionel leverance. Det kan imidlertid ikke afvises, at investeringsomkostningen kan reduceres ved selvbyg/medbyg samt anvendelse af brugt udstyr og materialer.

AgroTech har søgt at indhente pris fra flere forskellige leverandører af biogasanlæg, og fælles for dem alle er, at de ikke vil gå ind i at bygge anlæg, der er så små, som det er tilfældet her. De mindste anlæg, der findes på markedet i dag som en turn key leverance, er på 75 kW el effekt, hvilket er langt fra de 6 kW, vi her opererer med.

### **Alternative design/teknikker**

I dette projekt er det søgt at finde det mest optimale biogas design til behandling af den ovenfor beskrevne sammensætning og mængde af biomasse ud fra en betragtning om at det skal være billigt, enkelt og nemt at betjene.

Der findes mange forskellige og meget simple design af biogasanlæg, især anvendes der under varmere himmelstrøg som i Indien og Kina simple konstruktioner uden hverken omrøring eller varme installationer, og som fungerer som endog meget små anlæg – kun beregnet til affald fra en enkelt families husholdning. Disse anlæg kan dog ikke anvendes i dette tilfælde, både fordi der i Danmark er koldere og derved kræver ekstern varmetilførsel, men også grundet tilførslen af meget struktur holdigt materiale som dybstrøelse der kræver en opblanding/omrøring for at en effektiv omsætning kan finde sted.

Et alternativ kunne også være at udnytte den eksisterende gyllelagertank som biogasreaktor, som en form for batchanlæg. Investeringen ville givet blive mindre, men gasproduktionen væsentligt mere usikker og sværere at styre. Der er desuden fortilfælde i Danmark, hvor landmænd selv har bygget simple biogasanlæg. Dog har biomasse-mængden i disse tilfælde været væsentligt højere end det her er tilfældet.

### **Alternativ udnyttelse af gasproduktion**

I stedet for at installere en dyr og vedligeholdelsestung gasmotor enhed kan det overvejes at udnytte hele metanproduktionen til varme i en brænder-/kedelinstallation. Varmen kan her evt. anvendes til opvarmning af et væksthus med eksempelvis produktion af økologiske tomater el. lign., der kan sælges i den allerede eksisterende gårdbutik. Den mest rentable anvendelse af energien vil imidlertid nok være at erstatte træpillerne til opvarmning af stuehuset.

## 9. KONKLUSION/PERSPEKTIVERING

---

At drive økologisk biogasproduktion er forbundet med håndtering af biomasser med relativt højt tørstof, der som oftest har en beskaffenhed, der gør det vanskeligt at tilføje/håndtere i biogasanlæg af traditionel type. Her tænkes bl.a. på den store anvendelse af dybstrøelse og energiafgrøder, som er nødvendig for at få både en stabil og god gasproduktion og ikke mindst den ønskede høje næringsstofværdi, som den afgassede biomasse repræsenterer, og som er et vigtigt incitament for økologiske landmænd for at gå i gang med biogasproduktion.

Derfor er det sandsynligvis nødvendigt at investere i teknik, som kan håndtere denne form for biomasse; fx neddelere teknik, god effektiv omrøring, opvarmede systemer og relativt lange opholdstider grundet de svært nedbrydelige biomasser. Det er alt sammen forhold, der gør sig gældende uanset anlæggets størrelse. Derfor er det relativt dyrere at etablere et system til håndtering af små mængder biomasser, da den anvendte teknik stort set er den samme – drift og vedligehold af anlægget er også forholdsvis dyrt i forhold til den behandlede mængde biomasse.

Det er ikke lige meget, hvorledes gasproduktionen udnyttes. Det er forholdsvis dyrt at investere i gasmotorudstyr, også driftsmæssigt relativt dyrt. Kan gassen brændes af i et kedel/brænderanlæg, og der findes anvendelse for varmen, vil det muligvis være en mere rentabel løsning, der er billigere i anlæg og billigere i drift.

At bygge et traditionelt biogasanlæg i denne størrelse kan godt lade sig gøre, men motivationen skal nok ligge mere i viljen til selvforsyning frem for økonomisk vinding.

Det i biogassammenhæng meget begrænsede biomassegrundlag kalder på meget simple og prisbillige løsninger, som der kun er begrænset erfaring med i Danmark.

## **10. BILAG**

---