

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 5 Nr. 173 2010

Mære Biogass

Arbeid med etablering av biogassanlegg på
Mære Landbruksskole

Mie Bjune Gjeten og Geir Fisknes

Bioforsk Midt-Norge

www.bioforsk.no



Tittel/Title:

Mære Biogass -Arbeid med etablering av biogassanlegg på Mære Landbruksskole

Forfatter(e)/Author(s):

Mie Bjune Gjeten, Geir Fisknes

<i>Dato/Date:</i> 15.12.2010	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 1310316	<i>Saksnr./Archive No.:</i> 2010/1020
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 5(173) 2010	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-00725-8	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 27	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> 2

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Mære landbruksskole	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Geir Fisknes
---	--

<i>Stikkord/Keywords:</i> Biogass, bioenergi, Mære Landbruksskole Biogas, bioenergy, Mære Agricultural School	<i>Fagområde/Field of work:</i> Biogass Biogas
---	--

<i>Sammendrag:</i> Rapporten redegjør for landbruksrelatert biogassproduksjon under norske forhold, og beskriver etablering og utvikling av et kompetansesenter for klimatiltak og fornybar energi ved Mære Landbruksskole, med særlig vekt på byggingen av et biogassanlegg. Rapporten gir en beskrivelse av anbudsprosessen, anleggets beskaffenhet, samt utfordringer og erfaringer fra planleggingsfasen i biogassprosjektet. Oppdraget er utført i samarbeid med Mære Landbruksskole og er finansiert av Statens landbruksforvaltning (SLF).
--

<i>Land/Country:</i> <i>Fylke/County:</i> <i>Kommune/Municipality:</i> <i>Sted/Lokalitet:</i>	Norge Nord-Trøndelag Steinkjer Mære
--	--

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Erik Revdal

Mie Bjune Gjeten

Forord

Mære Landbruksskole ligger i Nord-Trøndelag Fylke, i et av landets viktigste jordbruksområder. Skolen er den eneste offentlige skolen i fylket som driver opplæring i naturbruk. I tillegg har Mære utviklet seg til å bli et viktig kompetansesenter for landbruk, og småskala mat- og agroturisme, og er i ferd med å utvikle kompetansesenteret til også å omfatte klima- og fornybar energi i landbruket. Et viktig tiltak i etableringen av et klima- og energisenter er å bygge anlegg for fornybar energi med mål om å bli selvforsynt med energi, samt skape en god demonstrasjons- og forskningsarena. Som et ledd i dette, er det nå planer om å bygge et biogassanlegg med husdyrgjødsel fra gårdsbruket som hovedsubstrat. Når husdyrgjødsel behandles i et biogassanlegg utvikles metangass, og energien i gassen kan brukes til produksjon av varme, strøm eller drivstoff. Biogassanlegg er også et godt klimatiltak i og med at man begrenser metangassutslipp til atmosfæren. I klimameldinga for landbruket er det en målsetting om at 30 % av husdyrgjødsel skal behandles i biogassanlegg innen 2020.

Det finnes få landbruksbaserte biogassanlegg i landet, og det er stort behov for anlegg for utprøving og forskning. Ved Mære er det gjennomført et omfattende planleggingsarbeid for å etablere biogassanlegg. Statens Landbruksforvaltning (SLF) har bl.a. bevilget midler til dette (gjennom prosjektet "Dokumentasjon av planlegging og bygging av arena for biogass ved Mære Landbruksskole"). Denne rapporten omhandler landbruksbasert biogassproduksjon generelt og redegjør for prosessen med å etablere et biogassanlegg på Mære, så langt.

Mære, desember 2010

Geir Fisknes
Prosjektleder, Mære Landbruksskole

Innhold

Forord	1
Innhold	2
1. Kompetanseutvikling om biogass	3
2. Biogass i landbruket	4
2.1 Biogass fra norske gårdsbruk - dagens situasjon.....	4
2.2 Status internasjonalt	6
2.3 Biogass som klima- og miljøtiltak.....	7
2.3.1 Biogass som klimatiltak	7
2.3.2 Biogass som avfallshåndtering	8
2.3.3 Biogass for energiproduksjon	10
2.3.4 Biogass for gjødselproduksjon	10
2.4 Biogass - fordeler for flere!	12
3. Om Mære og biogassprosjektet	13
3.1 Mære Landbruksskole - kort innføring	13
3.2 Prosjektbakgrunn - hvorfor biogass på Mære?	13
3.2.1 Senter for klimatiltak og fornybar energi i landbruket	14
3.3 Biogassprosjektet på Mære	15
3.3.1 Forundersøkelse i 2007	16
3.3.2 Biogassanlegget	17
3.3.3 Anbudsprosess.....	20
3.3.4 Vurderinger av prosessen - hva har vi lært?	23
3.4 Biogassanlegg på Mære - oppsummering av prosessen så langt	26
Kilder	29
Vedlegg.....	30
Vedlegg 1	30
Vedlegg 2	32

1. Kompetanseutvikling om biogass

Mære Landbruksskole har mottatt støtte fra Statens Landbruksforvaltning (SLF) over midler fra *Nasjonalt utviklingsprogram for klimatilak i jordbruket* til prosjektet "Dokumentasjon av planlegging og bygging av arena for biogass ved Mære Landbruksskole". Hovedmålet for SLFs utviklingsprogram er å øke kompetansen om faktiske utslipp av klimagasser fra landbruket, og videre legge til rette for gjennomføring og synliggjøring av effektive tiltak for reduksjon. I første periode av utviklingsprogrammet står kunnskapsbygging sentralt. Dette skal videre danne grunnlag for prioriterte, utslippsreducerende tiltak. Som et ledd i kunnskapsbyggingen, er det svært viktig å øke kompetansen om planlegging og drift av biogassanlegg gjennom enkelte pilotanlegg.

I prosjektet som denne rapporten omhandler, har planlegging av et biogassanlegg for gårdsbruket på Mære vært hovedmålet. Arbeidet har skjedd i samarbeid med FoU-miljø, og anlegget skal også tilrettelegges for videre FoU. Viktige samarbeidspartnere i prosjektet er Bioforsk Midt-Norge og Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk. I tillegg til dokumentasjon av planleggingsarbeidet, inkluderer rapporten også en generell del om biogass i landbruket. Rapporten er utarbeidet i samarbeid med Bioforsk Midt-Norge.

2. Biogass i landbruket

Ved anaerob mikrobiell nedbryting av organisk materiale dannes biogass, som er en blanding av ikke-vannløselig metan (CH₄) og karbondioksid (CO₂). Husdyrgjødsel og annet organisk avfall med et høyt vanninnhold er generelt godt egnet som substrat for biogassproduksjon. Matavfall, avfall fra næringsmiddelindustri, vekstresten fra landbruket og en del energivekster, er eksempler på aktuelle biogasssubstrater velegnet for innblanding med husdyrgjødsel. Det pågår også forskning for å muliggjøre utnyttelse av tyngre nedbrytbart materiale med et høyt innhold av lignocellulose i biogassprosessen, og på sikt vil dette kunne gi bønder enda en tilgjengelig ressurs for biogassproduksjon i form av trevirke og avfall fra skogsdrift. Denne rapporten vil imidlertid fokusere på dagens aktuelle biogasssubstrater, med hovedvekt på husdyrgjødsel.

Å la husdyrgjødsel gå gjennom et biogassanlegg gir flere gevinster. Biogassen kan ved hjelp av en CHP-generator (*combined heat and power*) gi fornybar energi i form av varme og kraft. Dette kan utnyttes direkte i gårdsdriften og/eller distribueres til andre mottakere. Man oppnår reduserte utslipp av klimagasser fra gjødselskjelleren og vil kunne redusere utslipp av lystgass fra gjødsellager og spredningsarealer. Bioresten representerer også et godt gjødselprodukt for bøndene, der den mikrobielle prosessen har bidratt til økt mineralisering og dermed forbedret næringstilgjengeligheten for plantene (Bøen et al. 2004). Med dagens teknologi er imidlertid ikke husdyrgjødsel alene tilstrekkelig som substrat i en biogassprosess for at anlegget skal være økonomisk bærekraftig. Dette skyldes et forholdsvis lavt biogasspotensial i "ferdig fordøyd" materiale som husdyrgjødsel, noe som kan løses ved å tilføre prosessen andre typer substrater. Matavfall og annet organisk avfall tilgjengelig på gården eller fra eksterne samarbeidspartnere, vil øke biogassutbyttet og dermed gi anlegget bedre økonomisk grunnlag.

Biogassproduksjon representerer en ny aktivitet for norsk landbruk og det er stor interesse for dette blant norske bønder. Potensialet for å utnytte organisk avfall i anleggene gjør også biogasstiltaket til et næringspolitisk interessant tiltak som åpner for etablering av nye samarbeidsrelasjoner mellom landbruk, næring og kommuner.

2.1 Biogass fra norske gårdsbruk - dagens situasjon

I dag finnes det om lag 35 biogassanlegg i Norge. Av disse er det kun ca. 5 fungerende gårdsbaserte anlegg, mens resten representerer slambehandlingsanlegg og store biogassanlegg for matavfall og avfall fra næringsmiddelindustrien (hvh. 23 og 5 anlegg). Biogassanleggene som er i drift i Norge i dag produserer samlet ca. 192 GWh, men har kapasitet til ca. 300 GWh. Utnyttelsesgraden er dermed ikke mer enn 64 % (Avfall Norge & Lystad 2010). Med unntak av et perkolasjonsanlegg, er alle anleggene basert på vandige biogassprosesser i helomblendete reaktorer. Det er enda ingen biogassanlegg som behandler energivekster fra landbruket (Sørheim & et.al 2010).

Det finnes planer for flere gårdbaserte biogassanlegg i ulike deler av landet og ved enkelte av disse er byggingen allerede i gang. I tabellen under gis en oversikt over eksisterende og planlagte gårdbaserte biogassanlegg i Norge i dag (Kilder: Bioforsk, Avfall Norge, Biopower Norway AS, BioWaz AS).

Tabell 1. Eksisterende og planlagte gårdbaserte biogassanlegg i Norge pr. des. 2010. Tabellen er basert på informasjon hentet fra Bioforsk, Avfall Norge, Biopower Norway AS og BioWaz AS, og det tas forbehold om andre anlegg og planer som ikke fremkommer her. Anlegg som driftes kun i forskningsøyemed er utelatt.

Eier	Sted	Kapasitet	Hovedsubstrat	Status pr. des. 2010
Åna kretsfengsel	Rogaland	Ca. 3.000 tonn	Storfegjødsel, fiskeensilasje	I drift
John Roger Ekren	Verdal, Nord-Trøndelag	Ca. 10.000 tonn	Grisegjødsel, matavfall	I drift
Holum Gård	Skjetten, Akershus	Ca. 6.000 m ³ /år	Grisegjødsel, matavfall	I drift
Tomb Landbruksskole	Råde, Østfold	Ca. 2.500 m ³ /år	Storfegjødsel, matavfall	I drift
NORSØK	Tingvoll, Møre og Romsdal	Ca. 500 tonn	Storfegjødsel, bleikejord	Nesten fullført. Planlagt driftsstart januar 2011

Hovedårsaken til at det ikke finnes flere gårdanlegg for biogassproduksjon i Norge i dag, er at det er svært krevende å få solid nok økonomi i driften. Her spiller flere faktorer inn, men blant de mest sentrale finner vi i Norges lave priser på elektrisk kraft. Bonden får dermed generelt dårlig betalt for levert kraft og varme, med lave driftsinntekter som resultat. Tilgjengelighet på substrat (organisk avfall) vil variere individuelt, ettersom ulike gårder har ulike driftsformer og tilgang på tilleggssubstrat fra avfallsprodusenter avhenger av beliggenhet. Enkelte gårdsbruk vil ha tilgang på godt egnede tilleggssubstrater fra eksterne leverandører, mens andre må basere driften på større mengder husdyrgjødsel og annet organisk avfall fra egen drift. Gårdbrukere som tar imot eksternt tilleggssubstrat, for eksempel fra fiskeindustrien, opplever imidlertid konkurranse fra utenlandske aktører, som henter avfall i Norge til bruk i biogassanlegg i for eksempel Sverige eller Danmark. Fra å være et problem industrien tidligere betalte for å bli kvitt, har nå organisk avfall i stadig større grad blitt en verdifull ressurs store aktører nasjonalt, så vel som internasjonalt, er villig til å betale for. For småskala biogassprodusenter som bønder, vil dette kunne bety redusert tilgang på tilleggssubstrater, noe som igjen kan "velte hele lasset" og gjøre biogassanlegget deres ulønnsomt. I tillegg til råvaretilgjengelighet og avsetning på biogass, er behovet for gjødsel i form av biorest en viktig faktor å hensynta ved planlegging av et gårdanlegg. Tilgang på tilstrekkelig spredeareal er en forutsetning for å kunne drifte biogassanlegget. Dette arealet må også befinne seg innenfor en logistikkmessig bærekraftig radius mht. transportkostnader, noe som kan innskrenke mulighetene enkelte bønder har til å realisere et biogassanlegg som en del av egen gårdsdrift.

Videre teknologiutvikling som effektiviserer biogassanlegget mht. metanutbytte, kan på sikt åpne for at også mindre gårdsanlegg kan bli økonomisk bærekraftige. Særlig er det mye å hente i å utvikle egnede substratforbehandlingsteknikker og ved å optimalisere reaktorutformingen. Bioforsk, Universitetet for miljø- og biovitenskap og Høgskolen i Telemark er blant stedene det i dag aktivt forskes på disse områdene.

2.2 Status internasjonalt

I Sverige er det totalt ca. 240 biogassanlegg, hvorav ca. 200 av disse er slambehandlingsanlegg og deponigassanlegg. Det er om lag 15 sambehandlingsanlegg, om lag 20 industrielle anlegg og bare noen få gårdsanlegg. Gassen brukes i hovedsak til kjøretøydrivstoff.

Danmark har i dag om lag 60 gårdsanlegg og ca. 20 større fellesanlegg, og det er vanligst å sambehandle husdyrgjødsel med organisk avfall. Det finnes også biogassanlegg i tilknytning til rensesanlegg og industrianlegg (hhv. 65 og 5 anlegg). Gassen brukes i hovedsak til elektrisitet og varme.

Finland har totalt 35 biogassanlegg, hvorav 9 er gårdsbaserte. Flere er under planlegging, men utviklingen går sent i påvente av et støttesystem, såkalt *feed-inn* tariff, som sikrer produsentene bærekraftige inntekter.

På Island har de i dag ingen biogassanlegg, kun et anlegg som samler deponigass. Et gårdsanlegg er imidlertid under bygging (pr. mars 2010), og det er planer om et større anlegg ved Reykjavik som skal håndtere matavfall.

Tyskland har over 3000 biogassanlegg og ca. 50 nye anlegg bygges hver måned. Bruk av energivækster, i sambehandling av husdyrgjødsel, er sterkt økende her. Særlig gjelder dette mais. Dette skyldes i all hovedsak en bevisst satsing, og tyske biogassprodusenter tilbyr et effektivt støttesystem for levert elektrisitet i 20 år fram i tid. Biogassen brukes hovedsakelig til produksjon av elektrisitet og varme.

I tillegg finnes det mange biogassanlegg i for eksempel Østerrike og Nederland, samt ellers i verden; Kina, USA og India er alle land med biogassproduksjon i ulik skala.

(Kilde: Sørheim & et.al 2010; Nielsen 2010)

2.3 Biogass som klima- og miljøtiltak

Ved å behandle husdyrgjødsel og annet tilgjengelig organisk avfall, kan bonden bidra til å løse klima-, miljø- og energimessige utfordringer både i egen drift og i nasjonal sammenheng. I følgende avsnitt gis det en kortfattet beskrivelse av biogassens potensial innen klima, miljø og energi.

2.3.1 Biogass som klimatiltak

Biogass består av metan (CH_4) og karbondioksid (CO_2), samt mindre mengder vanndamp, hydrogen sulfid (H_2S), nitrogengass (N_2) og ammoniakk (NH_3). Det er også spor av hydrogen (H_2), oksygen (O_2) og karbonmonoksid (CO) i biogass. Forholdet mellom metan og karbondioksid er hhv. 45-70 % og 25-45 %. Biogass oppstår når organisk materiale brytes ned av mikroorganismer i fravær av oksygen. Planter binder karbon ved vekst, og netto opptak og utslipp av karbon fra verdens landbruk antas å være lik null. Til tross for at biogass slik sett er en fornybar energikilde, er den på grunn av den høye konsentrasjonen av metan også en betydelig drivhusgass. Metan er som bidragsyter til drivhuseffekten om lag 22 ganger kraftigere enn karbondioksid. Dette betyr at menneskelig aktivitet, da særlig husdyrhold og dårlig avfallshåndtering, fører til økt konsentrasjon av metan i atmosfæren, som igjen gir negativ klimapåvirkning i form av økt drivhuseffekt. Å fange metangassen før den slipper ut i atmosfæren, er således et meget viktig klimatiltak. I dag forsvinner det svært mye metan til atmosfæren som følge av åpen gjødselhåndtering. Ved å la forråtnelsesprosessen i gjødsel og avfall foregå i lukkede systemer, slik som et biogassanlegg, vil man redusere metanutslippet og få fornybar energi "på kjøpet".

I tillegg til metan, er også tap av lystgass (N_2O) til atmosfæren en utfordring i landbruket. Lystgass er som metan, en svært potent drivhusgass; anslagsvis ca. 300 ganger kraftigere enn karbondioksid. Lystgass dannes ved nedbryting av nitrogenforbindelser i jord, og i husdyrgjødsel lagret under oksygenfattige forhold. Økt tilførsel av nitrogenforbindelser til jord, for eksempel ved gjødsling, øker dannelse og utslipp av lystgass. Avhengig av flere faktorer, som gjødselmengde og -form, jordtilstand, værforhold og gjødslingstidspunkt og -metode, tapes nitrogen til luft i form av ammoniakk (NH_3), og lystgass og til vann i form av nitrat (NO_3^-). En del av nitrogenet i nitrat og ammoniakk omdannes til lystgass i miljøet.

Landbrukets utslipp av drivhusgasser var i 2007 på 4,4 mill. tonn CO_2 -ekvivalenter, fordelt på 2,19 mill. tonn fra metan og 2,15 mill. tonn fra lystgass. Dette utgjorde rundt 8 prosent av de samlede norske klimagassutslippene. Landbruket er dermed den viktigste kilden til utslipp av metan og lystgass her til lands, og utslippene er særlig knyttet til husdyrhold, gjødsling og jordarbeiding. I tillegg kommer utslipp av 0,48 mill. tonn CO_2 fra fossilt brennstoff til oppvarming av driftsbygninger og drivstoff til maskiner (Klif 2010). Det er primært for å redusere utslipp av metan og lystgass at biogassproduksjon er interessant som klimatiltak i landbruket.

I St.meld. nr. 39; "Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen", presenteres regjeringens mål om at landbrukssektoren skal redusere klimagassutslippet med 1,1 mill. tonn CO_2 -ekvivalenter per år. Det presiseres at landbruket må ta ansvar for å redusere

klimagassutslipp for å sikre legitimitet og videre utvikling, og aktuelle klimatiltak landbruket kan gjennomføre for å oppnå målene er beskrevet. Biogass tiltaket fremheves blant disse som det med størst potensial. Regjeringen ønsker at biogassproduksjon skal stå for en reduksjon tilsvarende 0,5 mill. tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020. Dette innebærer behandling av om lag 30 % av all husdyrgjødsel produsert i landet (LMD 2009). I dag behandles under 1 % av husdyrgjødselen fra norske gårdsbruk i biogassanlegg (Sørheim & et.al 2010).

Det er generell enighet om at biogassproduksjon med husdyrgjødsel og annet organisk avfall kan bidra til å redusere utslipp av metan og lystgass i landbruket. Hvor stor reduksjonen kan bli, er imidlertid vanskelig å beregne med dagens kunnskap og tilgjengelige modeller. Det er derfor et stort behov for å forbedre beregningsmetodikken for klimagassutslipp fra landbruket. Spesielt gjelder dette lystgass. I Bioforsk Rapport nr. 16; "Biogass - Kunnskapsstatus og forskningsbehov" (2010) understrekes behovet for å utvikle et godt analyseverktøy som kan fastslå hvor store utslippsreduksjoner hvert enkelt gårdsbruk vil kunne oppnå ved å integrere et biogassanlegg i gårdsdriften. Dette representerer et komplisert regnestykke, der en rekke faktorer spiller inn og varierer i hvert enkelt tilfelle. I tilfeller hvor gårdsanlegget tar imot avfall fra eksterne leverandører, kompliseres også regnestykket ytterligere.

2.3.2 *Biogass som avfallshåndtering*

Landbrukssektoren produserer en rekke ulike typer organisk avfall. Husdyrgjødsel utgjør en stor del av dette; ca. 15 mill. tonn årlig i Norge. I tillegg kommer fôr- og vekstrester (derunder halm, kornavrens og planterester fra veksthus m.fl.) og evt. matavfall fra gårdsdriften. Dette er generelt avfall med høyt vanninnhold, og dermed dårlige forbrenningsegenskaper. Som substrat i en biogassprosess, er imidlertid slike avfallsfraksjoner godt egnet.

I 2009 ble det innført et deponeringsforbud for organisk avfall i Norge. Dette er et tiltak for å redusere utslipp av klimagasser som oppstår når organisk materiale brytes ned. Forbudet pålegger dermed avfallsprodusenter, herunder bønder, å behandle organisk avfall i lukkede systemer. Et av alternativene er biogassproduksjon. Regjeringen har dermed satt som mål at i tillegg til 30 % av all husdyrgjødsel, skal også 600.000 tonn matavfall behandles i et biogassanlegg innen 2020 (LMD 2009).

Tabell 2 viser biogasspotensialet i ulike avfallsfraksjoner. Husdyrgjødsel, som volummessig utgjør den største fraksjonen av landbruksrelatert avfall i Norge, har et relativt lavt biogasspotensial sammenlignet med andre typer avfall. Dette gjelder særlig storfe gjødsel. Dette gjør imidlertid ikke husdyrgjødsel mindre egnet som biogasssubstrat, tvert i mot vil den allerede etablerte mikrofloraen i gjødsel fungere som en startkultur i reaktoren og videre som en buffer ved innblanding av annet organisk avfall. Dette vil stabilisere biogassprosessen og dermed redusere faren for driftsstans som følge av "mikrobiologisk ubalanse".

Tabell 2. Egenskaper for ulike avfallstyper/substrater ved produksjon av biogass. TS = totalt tørrstoff, VS = organisk tørrstoff (Randeberg et al. 2005)

Substrat	TS (%)	VS (%)	Biogassutbytte (liter/kg VS)
Ensilasje (gras)	25	90	460
Storhusholdningsavfall	10	95	990
Storfegjødsel	6-10	75	300
Grisegjødsel	6	70	400
Høsegjødsel	21	70	500
Hestegjødsel	28	80	460
Sauegjødsel	27	80	750
Mage/tarm, fast	15-20	82	740
Kloakkslam	21	70	600
Bein og skalle fra slakteri	50	65	990
Blod	7	83	990
Slakteavfall	47	90	1140
Fettvann	2	95	990
Tarmer, minkmat	47	93	1140
Matavfall	35	70	700

Sambehandling av flere typer avfall er fordelaktig sett fra flere ståsted. Biogasspotensialet i substratet vil som regel øke når flere typer organisk materiale blandes. Dette skyldes i hovedsak at substratblandinger gir flere ulike næringsstoffer, og potensielt et bedre C:N-forhold¹, for mikrofloraen i reaktoren. Husdyrgjødsel iblandet matavfall, vil dermed kunne gi et større biogassutbytte enn hva man ville oppnå med avfallet behandlet separat, eller med andre ord; ”én pluss én er større enn to” (Schnürer & Jarvis 2009). Som en følge av mulighetene for økt gassutbytte, kan det i mange tilfeller være interessant for gårdbrukeren å hente inn fraksjoner eksternt. Eksempler på dette, er avfall fra fiskeindustri og matavfall fra kommunal sektor. Dette danner igjen en ny samarbeidsarena mellom landbruk, industri og offentlig forvaltning, med avfallshåndtering som én av gevinstene. Bondens behov for tilleggssubstrater vil dermed kunne åpne for lokal utnyttelse av avfallsfraksjoner som tidligere har blitt eksportert, noe som igjen kan medføre konkurranse biogassanlegg i mellom. Fra å være avfall næringen tidligere betalte for å bli kvitt, har slike organiske restprodukter dermed blitt en ettertraktet ressurs.

I en biogassreaktor kan imidlertid ulike typer organisk avfall by på ulike utfordringer. Fett, nitrogen og lignocellulose er bestanddeler som er krevende mht. å oppnå en stabil og effektiv biogassprosess, og avfallsfraksjoner rike på en eller flere av disse komponentene kan være nødvendig å forbehandle. De vanligste forbehandlingsteknikkene innen biogassproduksjon i dag, omfatter homogenisering, avanning og fettutskilling. Forbehandling vil kunne gi en betydelig økning i gassutbytte fra de fleste substrater, men vil sjelden være aktuelt for gårdsanlegg av økonomiske hensyn. Det foregår imidlertid mye forskning innen forbehandlingsteknikker, og forbehandling av lignocelluloseholdige råstoffer er et av nøkkelområdene i dagens bioenergiforskning. Dette kan åpne for at også

¹ Forholdet mellom innhold av karbon og nitrogen i substratet.

tyngre nedbrytbart materiale med et høyt innhold av lignocellulose, på sikt kan være aktuelt for biogassproduksjon (Sørheim & et.al 2010). Landbruket vil i så måte besitte enda en tilgjengelig biogassressurs.

2.3.3 *Biogass for energiproduksjon*

Biogass består av en blanding av flere gasser, der karbondioksid og metan utgjør den største andelen (jf. avsnitt 2.3.1). I et energiperspektiv er det imidlertid kun metan som er interessant. Metan (CH₄) er den enkleste av hydrokarbonene, og er ved romtemperatur og atmosfærisk trykk en lukt- og fargeløs gass. Metan har i seg selv god brennverdi (35,3 MJ/m³), mens biogass slik den dannes i en reaktor, vil imidlertid ha lavere brennverdi som følge av det høye innholdet av karbondioksid; ca. 21,2 MJ/m³ (Hanssen 1983).

Biogassens bruksområder avhenger av metankonsentrasjonen. Gass med lavt metaninnhold (fra ca. 50-65 %), vil egne seg godt til oppvarming, men kan ikke benyttes ubehandlet i for eksempel kjøretøy, da motorer krever en renere og tørrere gass. Rensing av biogassen innebærer å fjerne uønskede, korrosjonsfremmende komponenter som hydrogensulfid (H₂S), nitrogen og vann. Ved oppgradering av gassen vil man senke mengden av karbondioksid, for på den måten å heve brennverdien. Oppgradering av biogass til bruk i maskineri gir et metaninnhold på >95 %, såkalt biometan (Raadal et al. 2008). I Sverige sier en utarbeidet standard at biogass til bruk i transport skal holde et metaninnhold på 97 ± 1 volum % (Randeberg et al. 2005).

Oppgradering av biogass er kostbart med dagens tilgjengelige teknologi, og i Norge er det derfor per i dag et reelt alternativ kun i større, industriell skala, som ved kommunale rensesanlegg. For gårdsbaserte anlegg, er det foreløpig kun aktuelt å bruke biogassen direkte (etter evt. rensing). Biogassen kan da enten brennes direkte for varmeproduksjon, eller forsyne en CHP-generator for produksjon av både kraft og varme. En CHP-generator er en kostbar investering for småskala biogassanlegg (jf. avsnitt 3.3.2; CHP), men gjør det mulig for bonden å produsere kraft både til bruk i egen drift, og ved overskudd også levere strøm til kraftnettet. Her ligger det inntektsmuligheter, og ikke minst store besparelser mht. strømkostnader. Gårdsbruk med stort varmebehov, for eksempel svineproduksjon og veksthus, vil dermed med et eget biogassanlegg kunne redusere driftskostnadene betydelig gjennom å være selvforsynt med kraft og varme.

2.3.4 *Biogass for gjødselproduksjon*

Når det organiske materialet har gjennomgått en biogassprosess, sitter man igjen med en biorest². Bioresten inneholder næringssalter, tungt nedbrytbart organisk stoff og biomasse. Kvaliteten på bioresten vil være avhengig av hvilke substrater man tilfører bioreaktoren. Dette legger videre føringer for sluttbruk av bioresten. Skal den benyttes som gjødsel til matjord, er det avgjørende at bioresten tilfredsstillende oppfyller gjødselvarselsforskriften og biproduktsforordningen. Dette gjelder i hovedsak innhold av næringsstoffer, tungmetaller

² Kalles også for råtnerest eller fiberrest.

og patogener. Sluttbruk av bioresten må dermed planlegges ut fra substratene man ønsker å utnytte i anlegget (Briseid et al. 2010).

Tørrstoffinnholdet reduseres under biogassprosessen, og bakterienes nedbryting av næringsstoffene vil også føre til økt mineralisering. Ved bruk av husdyrgjødsel som substrat, får man dermed et gjødselprodukt med bedre plantenæringsegenskaper enn ubehandlet husdyrgjødsel ville hatt (Briseid & Fisknes 2007). Biorest kan også spres med det samme ustyret, og innebærer dermed nødvendigvis ikke store omleggingskostnader for bonden.

Volummessig dannes det like mye biorest som mengde tilført råstoff. I planleggingsfasen for et biogassanlegg, er det derfor viktig at man kartlegger tilgjengelig spredeareal, slik at all biorest kan komme til nytte som gjødsel- og / eller jordforbedringsmiddel. Dette må kunne dokumenteres overfor myndighetene (Fylkesmannen i Rogaland 2010). Bruk av bioresten er vanligvis ikke noe problem for bønder med eksisterende husdyrgjødslingspraksis, men ved samdriftsanlegg som planlegger å hente inn substrat fra flere hold og som derfor vil produsere store mengder biorest, bør dette klareres tidlig i prosessen. Avstand mellom spredeareal og biogassanlegg er også svært sentralt, ettersom lengre frakt av biorest med høyt vanninnhold generelt er kostbart og lite miljøvennlig. Avvanning av biorest uten å tape viktige næringsstoffer, som nitrogen, er derfor et forskningsområde som nå har stor aktivitet, både nasjonalt og internasjonalt (Sørheim & et.al 2010). Med teknologiutvikling på dette området, vil man kunne forbedre biorestens gjødsleegenskaper betraktelig, men det er trolig langt igjen før slik teknologi er økonomisk forsvarlig ved mindre gårdsanlegg.

I et miljøperspektiv er bruk av biorest som gjødsel- og jordforbedringsmiddel en optimal løsning, ettersom biogassanlegget da i prinsippet ikke produserer avfall. At man også oppnår et gjødselprodukt med forbedrede egenskaper mht. næringstilgang, gjør biogassproduksjon spesielt interessant i økologisk sammenheng. Det gjenstår imidlertid en del forskning for å kunne dokumentere effekt av biorest på jorda på lengre sikt, ettersom vi i dag blant annet vet lite om hvordan jorda responderer på redusert mengde tilført karbon³. Bioforsk Økologisk på Tingvoll planlegger et langtidsprosjekt for å studere nettopp dette. I tillegg har det de siste årene pågått forskning ved Bioforsk Jord og Miljø på Ås for å dokumentere effekt på plantevekst (Briseid & Fisknes 2007). Dette er viktig arbeid for å øke kunnskapen om hvordan ulike substrater påvirker biorestens gjødsleegenskaper i ulike typer jord. Slik kan bioresten bli mer forutsigbart og forenkle gjødselplanleggingen for bonden, og dermed være en attraktiv ressurs i gårdsdriften.

³ Bioresten vil ha et lavere innhold av karbon enn råstoffet, som en følge av metan (CH₄) dannes og hentes ut.

2.4 Biogass - fordeler for flere!

De foregående avsnittene har belyst biogassens fire grunnsteiner; klima, avfall, energi og gjødsel. Innen alle disse områdene kan biogassproduksjon gi gevinster; som klimatiltak i form av reduserte metanutslipp, som avfallshåndtering for å imøtekomme deponiforbudet innført 1.7.2009, som fornybar energikilde, og som gjødselforbedring. Likevel står ingen av disse "beina" støtt alene. Dette skyldes i all hovedsak at biogassproduksjon innebærer store investeringskostnader, og at det innenfor de ovennevnte momenter finnes alternative løsninger som er kostnadmessig mer effektive. Dette gjelder særlig innenfor avfallshåndtering (→ forbrenning) og energiproduksjon (→ vannkraft). I et klimaperspektiv gjenstår det også en del forskning for å kunne dokumentere faktiske reduksjoner av klimagassutslipp (spesielt mht. lystgass), og det er også behov for mer kunnskap om biorestens egenskaper som gjødsel- og jordforbedringsprodukt (Sørheim & et.al 2010).

Som kjent står imidlertid krakken stødigere jo flere bein den har. Og ser man alle disse motivene i sammenheng, er biogassproduksjon enestående. Her får man fornybar energi produsert av avfall som ellers ville ført til utslipp av klimagasser, og man sitter i tillegg igjen med et bedre gjødselprodukt enn utgangspunktet. Hvilken gevinst som veier tyngst, er imidlertid avhengig av øyet som ser. Hovedmotivene kan kort oppsummeres slik:

Nasjonalt perspektiv	Regionalt/lokalt perspektiv	Bondens perspektiv
- Reduserte klimagassutslipp, spesielt av metan og lystgass	- Avfallshåndtering av bl.a. kildesortert matavfall - Oppfylle nasjonale utslippsforpliktelser	- Produksjon av energi (kraft/varme) til egen drift - Bedre gjødsel

Biogassproduksjon imøtekommer dermed lokale, så vel som nasjonale behov og det er slik sett riktig og viktig at gårdbrukere har politisk støtte til å realisere et biogassanlegg. Norsk landbruk er logistikkmessig vanskelig i et biogassperspektiv, som følge av spredte, og ofte små, driftsenheter og store avstander. I tillegg er det lave priser på el-kraft. Som en følge av dette, er det i mange tilfeller vanskelig å få bærekraftig økonomi i anleggene. Aktuelle politiske virkemidler vil kunne være å gjøre som en rekke andre land (29 europeiske, 57 totalt (Global Feed in Tariffs 2010)); å innføre såkalt feed-in tariff. Dette vil kunne sikre bonden fri tilgang på kraftnettet og langtidskontrakter med garanterte priser på levert kraft, og slik sett bidra til å oppnå lønnsomhet i flere biogassanlegg. Når vi vet at regjeringen har satt som mål at 30 % av all husdyrgjødsel, samt 600.000 tonn matavfall skal behandles i et biogassanlegg innen 2020, kan feed-in tariff bli en nødvendig vei å gå for å nå målet.

Biogassproduksjon innebærer store investeringer for bonden og det er all grunn til å tro at det er avgjørende at samfunnet er med og "deler regninga" for at flere anlegg skal realiseres i årene som kommer. På denne måten vil vi alle bidra til at dette viktige klimatiltaket lar seg gjennomføre.

3. Om Mære og biogassprosjektet

3.1 Mære Landbruksskole - kort innføring

Mære Landbruksskole ligger i Nord-Trøndelag Fylke i et av landets beste jordbruksområder. Foruten å være en videregående skole med studieretning naturbruk, er det etablert et kompetansesenter som omfatter jord- og skogbruk, samt småskala mat- og agroturisme. Kompetansesenteret er i ferd med også å omfatte klima- og fornybar energi i landbruket. Eiendommen omfatter også et stort gårdsbruk med et totalt areal på 1.230 daa. Litt over 1.000 daa dyrket mark ligger i tilknytning til skolen, resten er beiter og leiejord. Totalt 262 daa drives økologisk, derav 170 daa dyrket jord. Det produseres korn (300 daa), potet (20 daa), gulrot (50 daa -utleid), gras og grønnfôr (630 daa). I tillegg finnes beitearealer (230 daa). Det er ca. 60 årskyr (melk), 75 vinterfôra sauer, 65 årspurker og ca. 13 egne hester på bruket. Det finnes også noe fjærkre og andre smådyr, men disse har lite innvirkning på driften.

Grisehuset ble innviet i 2008 og produserer årlig ca. 1400 slaktegris. I 2008 ble også nytt veksthus tatt i bruk, med produksjon av blant annet tomater og blomster. Skolen har om lag 160 elever og 80 ansatte. En stor del av elevene bor på internat drevet av skolen. Skolen, derunder også gårdsbruket, har et høyt energibehov. Gartneridriften og svineproduksjonen står for en stor del av dette. Et biogassanlegg basert på avfall produsert ved Mære, vil kunne forsyne skolen med egenprodusert, fornybar energi året rundt. I tillegg vil den produserte bioresten utgjøre et verdifullt gjødselprodukt skolen kan dra nytte av. Med dette anlegget vil også skolen ha tilgjengelig en arena for undervisning, forskning og utvikling innen biogassproduksjon. Det lokale, regionale og ikke minst, nasjonale behovet for et slikt anlegg, vil beskrives nærmere i kommende avsnitt.

Det er flere årsaker til at Mære Landbruksskole er velegnet som arena for et kompetansesenter innen produksjon og bruk av bioenergi i landbruket. Skolen har nylig gjennomgått en stor utbygging i form av både nytt veksthus og nytt grisehus, begge varmekrevende i drift. Disse anleggene er begge tilrettelagt for å kunne benytte energi produsert ved et biogassanlegg, og kan også kobles opp mot anlegg for termisk lagring. På denne måten utnyttes den fornybare energien optimalt, med mer miljø- og klimavennlig matproduksjon som resultat. Som landbruksskole har også Mære et fortrinn i at kjennskap og nærhet til landbruket allerede er etablert og ikke minst; at kunnskapsformidling er selve grunnsteinen i virksomheten.

3.2 Prosjektbakgrunn - hvorfor biogass på Mære?

I "Handlingsplan for produksjon og bruk av bioenergi i Nord-Trøndelag" (2004) er oppbygging av en bioenergi gård ved Mære Landbruksskole et sentralt tiltak. Bioenergi gården skal være et demonstrasjons- og utviklingscenter for bioenergi i regionen, det skal brukes aktivt i undervisning ved Mære Landbruksskole, og etter hvert også bli en

arena for et utdanningstilbud innenfor bioenergi ved Høgskolen i Nord-Trøndelag (HINT). En slik læringsarena er også etterspurt blant bønder og næringsliv, med interesse for bioenergiproduksjon. Som en følge av dette, gikk Mære Landbruksskole, Høgskolen i Nord-Trøndelag (HINT), Trøndelag Forskning og Utvikling (tidl. Nord-Trøndelagsforskning) og Bioforsk Midt-Norge (tidl. Planteforsk, Kvithamar) sammen i 2004 og utarbeidet en rapport som beskriver hvordan bioenergi gården kan etableres. I denne rapporten, "Bioenergi gård Mære", beskrives første steg mot å etablere et senter for undervisning, forskning og utvikling innenfor bioenergi. Utbygging av pellets-/flisfyringsanlegg blir her planlagt lagt til fase 1 av prosjektet, mens prosjektering og bygging av biogassanlegg inngår i fase 2. Visjon: *Å synliggjøre muligheter og inspirere til nyskaping og næringsutvikling i skjæringspunktet mellom landbruk og fornybar energiproduksjon* (Mære landbruksskole et al. 2004). Pelletsfyringsanlegget på Mære stod ferdig i 2005.

3.2.1 Senter for klimatiltak og fornybar energi i landbruket

I 2009 legges prosjektplanen for "Senter for klimatiltak og fornybar energi i landbruket" frem. Dette er et resultat av en videreutvikling av ideen om en bioenergi gård på Mære, og her settes det som overordna mål at Mære i løpet av 5 år skal utvikles til å bli et senter for klimatiltak og fornybar energi for landbruket i Midt-Norge. Det defineres videre tre hovedmål (delmål er her utelatt):

- 1) Mære skal være en arena for fornybar energi ved å ha flere typer anlegg basert på fornybar energi og energigjenvinning
- 2) Mære skal fungere som et senter for formidling av kompetanse innen klimatiltak og fornybar energi for landbruket og andre brukere
- 3) Senteret på Mære skal være med å danne grunnlag for å utvikle et industri- og leverandørmarked for fornybar energi

(Mære landbruksskole 2009)

Prosjektet ble igangsatt 1. januar 2009 og vil avsluttes 31. desember 2011. Senteret er nå organisert med 3 prosjektgrupper. Disse er henholdsvis prosjektgruppe for biogass, varmelager i veksthus, og oppbygging av senter. Prosjektgruppa for biogass består av representanter fra Mære Landbruksskole, NTE og Bioforsk Midt-Norge. tillegg er Bondelaget, NTNU, Fylkesmannen i Nord-Trøndelag og Gartnerforbundet representert i styringsgruppa for senteret. Andre samarbeidspartnere er Høgskolen i Nord-Trøndelag (HINT), Innovasjon Norge, Enova og Gether AS.

Prosjektet er nå inne i sitt 2. år, og det pågår en kontinuerlig bygging av kurs- og kompetansedelen av klimasenteret gjennom avvikling av kurs og konferanser innenfor fornybar energi, samt nettverksbygging. Parallelt arbeides det også videre for å realisere de to anleggene som er beskrevet i prosjektplanen; et energilagingsanlegg og et biogassanlegg for husdyrgjødsel. Førstnevnte ligger i tilknytning til veksthusene, og skal ha muligheter for både kort- og langtids lagring av varme. Arbeidet med dette er godt i gang og er nå inne i byggefase 2. Fase 1 var utbygging av indre lager (korttidslager), mens fase 2

omhandler bygging av ytre borehullslager. Når dette blir ferdig skal disse knyttes sammen. Dette skjer i løpet av første halvår 2011. Bygging av biogassanlegg er neste, viktige oppgave for senteret å realisere.

Med et biogassanlegg vil kompetansesenteret besitte en velegnet arena for demonstrasjon, forskning og utvikling innen biogassproduksjon. Enda er det svært få gårdsanlegg i Norge med driftserfaring, og et pilotanlegg som dette er derfor svært etterspurt lokalt, så vel som nasjonalt. Biogass representerer store mulige miljø- og energimessige gevinster, men behovet for forskning er stort. For å imøtekomme behovet for mer kunnskap, er det i år utlyst forskningsmidler som skal gå til forskning på biogass i landbruket spesielt. Bioforsk har fremhevet det planlagte biogassanlegget på Mære som en viktig utøvende FoU-arena i sin søknad, og ser på dette anlegget som en viktig ressurs for forskning knytta til storskala anlegg. Dermed kan Mære få status som nasjonal arena for biogass i landbruket. Anlegget på Mære vil også bli en svært viktig ressurs for bønder som vurderer å integrere et biogassanlegg i egen gårdsdrift, ettersom de her kan hente nyttig kunnskap og dele erfaringer. På denne måten vil et biogassanlegg på Mære kunne vise landbruket hvordan det kan bedre miljøet og bidra til produksjon av fornybar og miljøvennlig energi.

3.3 Biogassprosjektet på Mære

Det legges til grunn at all energi, både strøm og varme kan nyttiggjøres ved Mære. Total energiproduksjon er estimert til 741.900 kWh fordelt på 296.300 kWh strøm og 445.600 kWh varme. Dette er nettoproduksjon, slik at eget forbruk i biogassanlegget er trukket fra. Det er beregnet at et biogassanlegg kan medføre en utslippsreduksjon på 54 % målt i CO₂-ekvivalenter (Briseid et al. 2007).

Substratene som ligger til grunn for biogassanlegget, fremkommer av Tabell 3.

Tabell 3. Tilgjengelige biogasssubstrater ved Mære Landbruksskole.

Substrat	Mengde (m ³)
Svinegjødsel	2000
Storfegjødsel	2000
Matavfall	5
Fôrrester, rundballer	150
Avfall fra tomatproduksjonen	350
Gras, fett	

Som tidligere nevnt, finnes det enda få biogassanlegg basert på husdyrgjødsel som har driftserfaring i Norge. Selve biogassprosessen er krevende å få i gang og holde ved like, og anleggene er kostbare sammenlignet med andre bioenergianlegg (for eksempel flis- og halmanlegg). Det er viktig å skaffe seg kompetanse om biogass før en går i gang med å bygge anlegg. Å reise og se på utenlandske anlegg kan være en god start. Man må da ha i minne de til dels store variasjonene i klimatiske forhold mellom ulike land når man skal

overføre kunnskapen til Norge, noe som kan gi stor variasjon i virkningsgrad på anleggene. Det er videre viktig å utarbeide en forstudie for biogassprosjektet for å vurdere substrattilgangen til anlegget, potensiell gassproduksjon og ikke minst kostnadsvurderinger. Innovasjon Norge kan gi støtte til utarbeiding av forstudie, fagturner og annen form for innhenting av kompetanse.

3.3.1 Forundersøkelse i 2007

Mære Landbruksskole fullførte i samarbeid med Bioforsk Jord og Miljø, en forundersøkelse i 2007. Rapporten heter "Biogass på Mære Landbruksskole - en forundersøkelse", og beskriver en rekke forhold knyttet til det å etablere et gårdsbiogassanlegg i Norge. Valg av råstoff, mikrobiologiske aspekter ved prosessen, tekniske løsninger ved anlegget, forventet metanproduksjon og energioppnåelse fra ulike råstoff, bruk av bioest som gjødsel, klimaeffekter, aktuelle lover og regler og generelle økonomiske betraktninger, er alle viktige momenter i rapporten. Rapporten peker videre på flere hovedpunkter som gjelder spesielt for etablering av et biogassanlegg ved Mære Landbruksskole. Disse gjengis her (Briseid & Fisknes 2007):

- Sammenfallet mellom behovet for kompetansetiltak innen bioenergi og utbyggingen på Mære Landbruksskole gir fylket en unik mulighet til å etablere et kompetansesenter som det er et stort behov for i fylket.
- Bioforsk vil kunne ha stor nytte av et biogassanlegg på Mære, og det er viktig at det etableres et samarbeid om FoU-aktivitet i tilknytning til anlegget på et tidlig tidspunkt.
- Det er viktig på et tidlig tidspunkt å vurdere om man ønsker: A) Et mindre anlegg tilrettelagt for gårdens egen råstoffproduksjon og gårdens eget energiforbruk, både med hensyn til elektrisitet og varme - eller om man ønsker å gå inn på; B) Et større anlegg som krever at man i tillegg skaffer råstoff til prosessen utenfra, og vil være avhengig av salg av varme og strøm eksternt. Dette er viktige strategiske betraktninger, og det kan være hensiktsmessig å evaluere begge alternativer.
- Det er viktig at man allerede under planleggingen gjør viktige valg med hensyn til hvilke kategorier avfall som skal behandles: 1) husdyrgjødsel og silopressaft, 2) matavfall som kan inneholde kjøtt og slakteriavfall, og 3) fôrrester og energivekster eller kombinasjoner av disse.
- Fra Mære Landbruksskole er det aktuelt å behandle husdyrgjødsel fra gris og storfe, samt noe gjødsel fra sau og hest. I tillegg er det aktuelt å behandle mindre mengder med fôrrester og ødelagte rundballer, samt noe grøntavfall.
- Anlegget på Mære vil i så fall karakteriseres som et anlegg som behandler vått avfall iblandet energivekster. Dette substratvalget vil i stor grad bestemme teknologivalget.

- På Mære Landbruksskole ligger forholdene tilsynelatende godt til rette for å utnytte den flytende bioresten direkte. Dersom dette gjøres, vil et gårdsbiogassanlegg som vi snakker om her, i prinsippet ikke produsere noe avfall, alt resirkuleres og energien utnyttes optimalt.
- Sett ut fra et FoU- og undervisningssynspunkt, så kunne det vært av interesse å ha utstyr for avvanning av bioresten. Dette vil kunne gi kunnskap og erfaring med behandling og bruk av avvannet biorest og gjødselvann.
- Det kan være en utfordring å få anvendt all varme, spesielt om sommeren. Det ligger visse muligheter i å belaste anlegget mer om vinteren enn om sommeren, f.eks. ved å tilføre mest gjødsel og evt. energivækster / fôravfall om vinteren. Hvis dette er nødvendig er det viktig at anlegget dimensjoneres for dette, både med hensyn til kapasitet og lager.

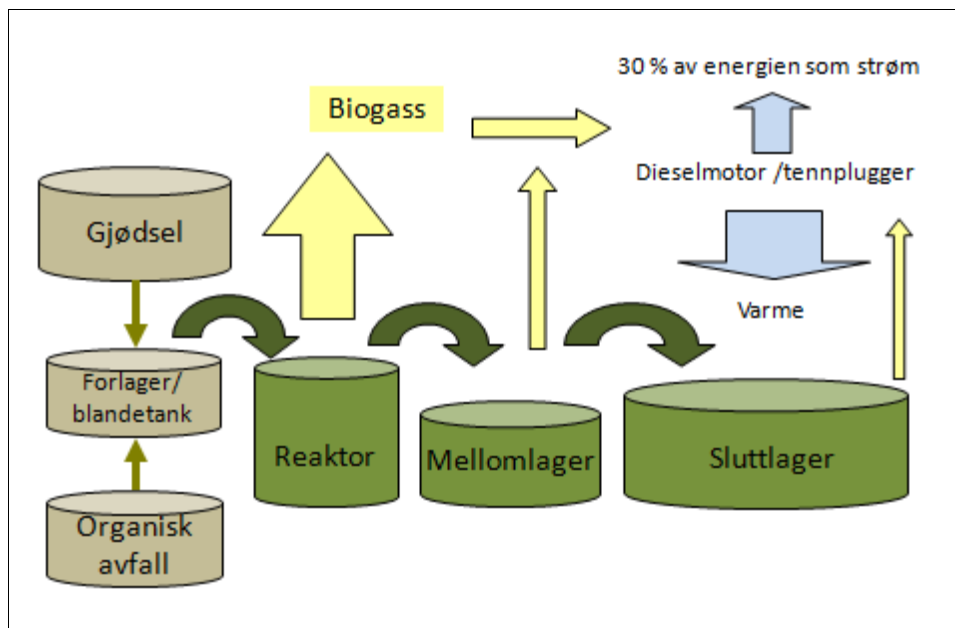
Rapporten fastsetter at behovet for et biogassanlegg på Mære Landbruksskole er stort. Det er både muligheten for egenproduksjon av fornybar energi, samt verdien av et anlegg som også kan benyttes i undervisning og til FoU, som ligger til grunn for denne konklusjonen. Det konkluderes imidlertid også med at det på det aktuelle tidspunktet, ikke er økonomisk forsvarlig å bygge anlegget uten omfattende ekstern støtte. Det pekes også på behovet for en revidering av aktuelle lover og forskrifter, slik at det legges bedre til rette for etablering og drift av slike anlegg i Norge. For at Mære Landbruksskole skal kunne oppnå en spesiell rolle som pilotanlegg i regionen, er det nødvendig at anlegget etableres nå, og under gjeldene rammebetingelser.

Rapporten konkluderer endelig med at en grundig utredning med forslag til økonomiske kalkyler for investeringer og drift, samt sikring av økonomisk støtte og avklaring av gjeldende regelverk, er neste og avgjørende steg for prosjektet.

3.3.2 *Biogassanlegget*

Et biogassanlegg kan bestå av flere komponenter. I sin enkleste form kan det bestå av en tett tank der biogassproduksjonen foregår med uttak av gass på toppen. Klima- og energigevinsten økes imidlertid betraktelig dersom det legges inn flere komponenter. Endelig utforming av et biogassanlegg avhenger bl.a. av hvor energi- og klimaeffektivt man ønsker anlegget skal være, økonomi, driftssikkerhet og hvor mye arbeid man vil legge ned i drift og vedlikehold.

Et anlegg på Mære må ha høy klima- og energieffekt og lite arbeid med drift og vedlikehold. Figur 1 viser hvilke komponenter som er planlagt lagt inn i biogassanlegget ved Mære. Det er videre beskrevet hvilken funksjon de ulike komponentene har i anlegget.



Figur 1. Skjematisk fremstilling av Mære biogassanlegg, slik det er planlagt.

Forlager

De ulike substratene som skal pumpes inn i anlegget bør blandes på forhånd, og det er samtidig viktig å kutte opp alt organisk materiale for at det skal brytes ned i løpet av oppholdstida i reaktoren. Denne forbehandlinga skjer vanligvis i en kum/tank av stål, glassfiber eller betong. På Mære, der det bl.a. skal tilføres rundballer i reaktoren, er det viktig med kraftig utstyr til kverning. Ved å bygge et forlager over en viss størrelse kan lageret også fungere som en buffer mellom gjødsellager / fjøs og reaktor. Det kreves tilførsel av varme for å holde biogassprosessen i gang (om lag 20 % av produsert energi i anlegget går med til å drive prosessen). Ved å varme opp substratet i forlageret før det pumpes inn i reaktoren vil prosessen i biogassreaktoren kunne holdes mer stabil, og dette er særlig viktig om vinteren. Som en følge av dette vil isolering av forlagertanken være en fordel.

Biogassreaktor

Det er i biogassreaktoren metanproduksjonen foregår. Denne prosessen må foregå i et anaerobt miljø, så reaktoren må være lufttett, og det er også viktig for å unngå ukontrollerte utslipp av metan. En biogassreaktor består oftest av en silo laget av betong, glassfiber eller stål. Det produseres bl.a. syrer i biogassprosessen, og reaktor og øvrig utstyr i anlegget må dermed tåle dette. En betongreaktor må derfor settes inn med beskyttende materiale på innsiden. Velges for eksempel en reaktor laget av glassfiber må en også være klar over de begrensninger denne har i forhold til trykkbelastning fra omgivelsene. Størrelsen på reaktoren er avhengig av hvor store substratmengder som skal behandles i løpet av et år, og av hvilken temperaturprosess som velges. Det mest vanlige i gårdsanlegg med husdyrgjødsel er mesofil prosess, i temperaturområdet 30 - 40 °C. Termofil nedbryting skjer ved hjelp av bakterier som har et temperaturoptimum mellom 40-55 °C. Det er enklere å få i gang termofile prosesser i større anlegg der substratet mates jevnt inn i anlegget og er homogent over tid. Slike anlegg blir overvåket av

driftspersonale og er bedre utstyrt enn hva som foreløpig er aktuelt for et norsk gårdsanlegg. I en termofil prosess skjer nedbrytinga raskere og man er dermed ikke avhengig av en like stor reaktor som en mesofil prosess krever.

Mellomlager

I en mesofil prosess er vanlig oppholdstid for substratet i reaktoren om lag tre uker. De fleste anleggene er utformet slik at det pumpes inn en viss mengde substrat hvert døgn og samtidig pumpes det ut tilsvarende mengde ferdigreaktert materiale (såkalt kontinuerlig prosess). Det som pumpes ut av reaktoren kalles vanligvis for biorest. Det vil alltid produseres noe metan i bioresten etter at den er pumpa til sluttlageret. Det er vanlig å anta at inntil 20 % av total produsert mengde metan kan tas ut etter at bioresten er pumpa ut fra reaktoren. Dersom varmen fra bioresten kan varmeveksles tilbake til reaktoren vil energigevinsten i anlegget bli enda høyere.

CHP

Dette er en forkortelse for *combined heat and power* og inneholder utstyr for varme- og strøm-produksjon. Strømmen produseres ved hjelp av en turbin som drives av en gassmotor. Strømproduksjon gir stort energitap framfor å bruke gassen kun til avbrenning og varmeproduksjon. CHP-enheten er også kostbar i anskaffelse. For gårdsanlegg er det per i dag lite aktuelt å installere en slik enhet. Strømproduksjon bør kun skje på større anlegg. Det er også et spørsmål om biogass som produseres i Norge i det hele tatt bør brukes til å produsere strøm, men heller kun til varmeproduksjon, eller aller helst oppgraderes til drivstoff. Det er viktig at gassmotoren ikke er for stor i forhold til gassproduksjonen i anlegget, slik at den ikke blir gående for mye på tomgang. Videre er det viktig å være klar over at dette utstyret krever mye kontroll og vedlikehold. Ved å ta vare på kjøle- og eksosvarmen som produseres av motoren oppnår en høyere energigevinst i anlegget. CHP-enheten må bygges inn i et hus eller en container.

Oppstart og prøvedrift

Det kan ta noe tid å få biogassprosessen i gang, og det bør nedfelles i en kontrakt med leverandør av biogassanlegget om deres rolle i denne delen, og til hvilken pris. Det kan bli kostbart å leie inn ekstra hjelp til dette hvis det ikke er avtalt noe om det på forhånd.

Energiproduksjon

Det er stor variasjon i biogassproduksjonen fra ulike typer substrat (jf. Tabell 2). Energiproduksjonen i anlegget beregnes derfor på grunnlag av substratmengde og hvilke typer substrat som skal inn i anlegget. I tillegg har oppholdstid og temperatur i reaktoren også stor innvirkning på hvor mye gass som produseres.

Røreverk og pumper

For å få homogen nedbryting av det organiske materialet i biogassreaktoren er det viktig å holde massen i bevegelse. Dette for å unngå bunnfall og for å gi mikrofloraen best mulige forhold. Husdyrgjødsel som inneholder mye strø er utsatt for bunnfelling, og i strørik svinestjødsel skjer det rask bunnfelling dersom gjødsel blir liggende i ro. Dette gjelder

særlig dersom strøet består av kutterflis, som også brytes seint ned i biogassprosessen. Dersom man får bunnfall i biogassreaktoren kan prosessen stoppe og bunnfallet må graves/pumpes ut. En slik driftsstans er uheldig på flere måter, ikke minst kan det bli problematisk å få prosessen i gang igjen. For å unngå bunnfall er det viktig å utstyre reaktoren med nødvendig røreverk som helst også kan beveges opp, ned og sidelengs i reaktoren for å minske muligheten for bunnfall. Noen firma ivaretar røring i reaktoren ved å pumpe gassen som produseres fra bunnen av reaktoren og oppover i substratmassen. En kombinasjon av gass og propellomrøring kan være en god løsning.

Det er mest vanlig å pumpe substrat og biorest inn og ut av anlegget, og mellom de ulike delene av anlegget. Som oftest vil en legge inn automatisk styring av pumpene, og det er viktig at pumpene fungerer slik de skal til enhver tid. Det finnes ulike kvaliteter av pumper til ulike priser. Det er ikke sikkert at man skal spare for mye på kvaliteten av pumpene, det kan medføre mye ekstraarbeid og driftsstans. Det finnes også pumper med kuttemekanisme som gir større sjanse for at pumper og rør ikke går tett. Men det er viktig å kverne substratet godt før det pumpes inn i anlegget.

Varmeveksling

Ved å legge inn varmevekslere i anlegget som fører varmen fra biorest tilbake til forlager/biogassreaktor oppnås høyere grad av energiøkonomisering. Å legge inn varmevekslere vil fordyre anlegget og det kan derfor være fristende å utelate dette i et gårdsanlegg. En annen fordel med å ta ut varmen fra bioresten før den pumpes fra reaktoren til sluttlager er at man reduserer frigjøring av biogass i sluttlageret. Er det bygget tak over sluttlageret kan gassen som produseres der også samles opp og føres i rør tilbake til gasslageret.

3.3.3 Anbudsprosess

Som offentlig institusjon er Mære Landbruksskole forpliktet til å legge biogassanlegget ut på anbud. Det ble laget et konkurransegrunnlag for totalentrepriser for anlegget: ”Biogassanlegg med kraftvarmeverk og forlager på Mære Landbruksskole” (Nord-Trøndelag Fylkeskommune 2010). Biogassanlegget skal utstyres for varme- og strømproduksjon, og det skal innhentes forslag til løsning av gjødseltransport fra eksisterende gjødsellager i svine- og storfe fjøs og inn til biogassanlegget (kalt forlager i konkurransebilaget).

Tekniske spesifikasjoner

Det ble laget en spesifikasjon for hva som forventes som leveranse til anlegget. Det er gitt noen generelle krav og anbefalinger til design av nødvendig utstyr knyttet til biogassanlegget. Kravene er ikke absolutte. Leverandøren skal komme med sine anbefalinger og levere alt av nødvendig utstyr. Se vedlegg 1.

Innkomne tilbud

I tillegg til å legge Mæres anbud ut på ”Doffin” (database for offentlige innkjøp), ble det sendt direkte til en del firma. Vi endte opp med kun fire innkomne anbud, alle fra norske

firma. De ulike løsningene på hvordan et gårdsanlegg for biogassproduksjon på Mære skal se ut varierte i pris fra om lag 6 mill. kr. til om lag 14 mill. kr. Utstyrmengden i de ulike forslagene varierte mye. En viktig jobb ble derfor å gå inn i forhandlinger med firmaene og etter hvert finne ut hva som trengs av utstyr og trekke ut deler som ikke er nødvendig for at biogassanlegget skal være funksjonelt. De dyreste anleggene som bl.a. inneholdt mye utstyr for å gjenvinne varme og for å ta ut maksimalt med biogass, ville gitt den beste energi- og miljøgevinsten. En annen årsak til de høye kostnadene ved enkelte anlegg kan være at de tar utgangspunkt i industrianlegg med industristandard som forminskes til anlegg for gårdsbruk.

Følgende firma har deltatt i anbudskonkurransen:

Nærgass AS	Rundhaug 25	5563 Førresfjorden
Biog. AS	Brevika Industrivei 57	6018 Ålesund
Biotek AS	Vipeveien 51	3917 Porsgrunn
Lafopa Industrier AS	Brenneveien 6	7650 Verdal

Sammenstilling av anlegg

Etter anbudsinnhenting og forhandlinger med de ulike firmaene ble de ulike komponentene i anleggene sammenstilt. Tabell 4 gir en oversikt over hva de ulike leveransene omfatter samt oppgitt energiproduksjon. En slik oversikt, samt vurderinger av priser og andre utvelgelseskriterier, gir grunnlag for en rangering. Dette er nærmere beskrevet i vedlegg 2.

Utvelgelse

I konkurransegrunnlaget ble det utarbeidet en oversikt over hvilke kriterier som blir lagt til grunn for endelig utvelgelse av leverandør. Se Vedlegg 2.

Tabell 4. Sammenstilling av innkomne tilbud etter anbudsprosessen for Mære biogassanlegg. Tabellen viser i korthet hva som er inkludert i tilbudene fra de ulike anbyderne.

	Nærgass AS	Lafopa AS	Biog. AS	Biotek AS
Forbehandling	- Tank 100 m ³ åpen - Ikke isolert - Omrører - Pumper til reaktor og fra storfe fjøs - Siloking fullførte vogn - 5 m ³ tak/duk	- Blandetank - 5 m ³ - Omrøring: pumpe	- Substratkutter inkl. - Forlager 2x87 m ³	- Kombikutter på traktor - Transportør - Dissolver-blander - Utjevning/-hydrolysetank 50m ³ - Buffer-dosering til reaktor
Biogassreaktor	- 500 m ³ betong nedgravd - 2 omrørere - Mesofil prosess (30 dager opph.tid)	- 200 m ³ termofil (13 dager opph.tid) - Gass- omrøring - Oppvarming av substrat ved varmeveksling fra reaktor	- 500 m ³ rustfritt stål, isolert	- 450m ³ - Betong-elementer - Isolert - Mesofil - Gasslager - 100 m ³
Mellomlager	Ikke inkl.	- Er inkludert 400 m ³ - Varmeveksling til råtnetank - Betong	Ikke inkl.	Ikke inkl.
CHP	53 kW i container	- Brukt gassmotor 60 kW - I egen container	- 60 kW - Container ikke inkl.	- Dual-fuel 40kW el. 40 kW varme - I container
Merknader	- Prøvedrift i 3 mnd inkl. driftsoppfølging i 1 år - FOU-utstyr er inkl.	- Prøvedrift er inkl. - Kvern i blandetank er ikke inkl. - Hus (container) for CHP og anna utstyr er inkl.		
Oppgitt energiproduksjon	498198 kWh	212800 kWh	539205 kWh	419205 kWh (motor 40 kWe) 522619 kWh (motor 60 kWe-pristill.)

3.3.4 Vurderinger av prosessen - hva har vi lært?

Gjennom det forberedende arbeidet som nå er gjort på Mære er det høstet en del erfaringer med prosessen i forkant av bygging av biogassanlegg. I kommende avsnitt gis det en kort redegjørelse for disse.

Innhold av strø i gjødsla

Under avsnittet om røreverk og pumper ble problematikken rundt strø i gjødsla og fare for bunnfelling omtalt. Slik bunnfelling er velkjent i gjødsellager. Før utkjøring klarer en oftest ved sterk omrøring i gjødsellageret å blande gjødsla igjen slik at den kan kjøres ut. Ved bunnfelling i en biogassreaktor kan biogassprosessen stoppe opp, og det kan bli et stort merarbeid å tømme bunnfallet og få i gang prosessen. Problemet er størst der det brukes mye strø. Ved moderat bruk av sagflis både i storfe- og svinegjødsla går det erfaringsmessig bra, men det er større fare for bunnfall ved bruk av såkalt kutterflis. Størrelsen på denne flisa gjør at den brytes lite ned i biogassanlegget, og erfaringer og egne forsøk utført på Mære viser at flisa sedimenterer i løpet av et par minutter hvis gjødsla ikke omrøres kontinuerlig. Sedimenteringsproblemet er størst i svinegjødsla. I grisehuset på Mære brukes store mengder kutterflis for å holde bingene så rene som mulig og som "tidtrøyte" for små- og slaktegris. Vi har foretatt en del undersøkelser om hvorvidt det er nødvendig å fjerne flisa fra gjødsla før den pumpes inn i biogassanlegget. Undersøkelser i bl.a. Danmark, Sverige og Tyskland har ikke gitt entydige svar på dette, og det foreligger heller ingen norske forsøk som belyser dette. I utlandet kan en av årsakene være at problemet sjelden oppstår som følge av at det brukes mindre strø enn hva tilfellet er i Norge. Vi har konkludert med at på Mære bør vi fjerne så mye av kutterflis fra svinegjødsla som mulig før den pumpes inn i biogassanlegget. Dette fører til at det må settes inn utstyr mellom gjødsellager i grisehuset og forlagertank for biogassanlegget som kan fjerne mest mulig flis. Dette kompliserer og fordyrer gjødsla-transporten til anlegget betraktelig. I korthet går det ut på å bygge en sedimenteringskum for svinegjødsla samt pumpe gjødsla gjennom en separator for å få ned flisandelen før det pumpes inn i biogassanlegget. Det blir da igjen en forholdsvis tørr rest som inneholder mye flis.

Mellomlager og varmeveksling

Som omtalt tidligere vil oppbevaring av biorest i et mellomlager før det pumpes over i sluttlageret gi større gassutbytte og dermed også bedre klimagevinst. Varmeveksling fra mellomlager til reaktor øker klimaeffekten i anlegget. Størrelsen på et eventuelt mellomlager avhenger av størrelsen på reaktoren. Mindre reaktor og kortere oppholdstid i reaktoren betinger et større mellomlager. I et gårdsbasert biogassanlegg vil kostnaden ved å bygge mellomlager, samt legge til rette for varmeveksling, kunne fordyre anlegget såpass mye at det må utelates. Det er stordriftsfordeler ved å bygge større anlegg, og der bør disse elementene inn for å gi et klimamessig bedre resultat.

Forlager

For å blande ulike substrater før det pumpes inn i biogassanlegget er det enklest å bygge en tank til dette. For å spare kostnader kan de ulike substratene også pumpes/skrus direkte inn i biogassreaktoren. Uansett er det viktig at alt organisk materiale utenom husdyrgjødsel kvernes godt før det pumpes inn i anlegget. På Mære har vi som nevnt tenkt å løse dette med en fullfôrvogn. Det finnes også annet utstyr til dette, men man må passe på at utstyret klarer jobben. Særlig ved kverning av rundballer trengs solid utstyr med stor motorkraft.

Biogassreaktor

Reaktorene fra samtlige firma leveres i rustfritt stål eller betong. Det er mest aktuelt å støpe reaktoren i betong på Mære. Det finnes gode entreprenører med lang erfaring i produksjon av betongsilos i området. Betongsilos varer lenge, særlig dersom de behandles innvendig med bestandig materiale. Betongsilos tåler mye trykk, og de kan isoleres på ulike måter. Ved å grave store deler av en slik silo ned i bakken vil en både oppnå en isolasjonseffekt og de mest dominerende deler av anlegget blir mindre synlig. Det er eksempler på gårdsanlegg i bl.a. Tyskland og Østerrike der alt er gravd ned i bakken. Biogassreaktoren må tilføres varme fra gassproduksjonen i anlegget. Varmerør langs sidene i reaktoren er å foretrekke framfor rør i bunn. Dersom det legges seg et sedimentlag i bunn av reaktoren, vil dette isolere for varmetransporten dersom varmerørene er lagt i bunn. Et annet alternativ for oppvarming av substratet i reaktoren er utvendig varmeveksling fra utgående substrat tilbake til reaktoren. Reaktoren må bygges slik at det er forholdsvis enkelt å komme til for å kunne tømme den ved behov. En må påregne behov for tømning bl.a. dersom det oppstår problemer med sedimentasjon, frost etc.

Sluttlager

På Mære er det anlagt en stor åpen lagune ca. 1 km fra husdyrbygningene. All gjødsel pumpes i nedgravd rør til lagunen. Det vil alltid skje en viss gassproduksjon også i sluttlageret sjøl om temperaturen i bioresten blir forholdsvis lav. Det kan bli pålagt å bygge tak over alle utvendige gjødsellager, bl.a. for å hindre metangassutslipp fra lageret til atmosfæren. En kan da for eksempel legge et plastrør fra lageret til oppsamlingsplass for gass i biogassanlegget og dermed ta hånd om den gassen som produseres i lageret. Gjødsellagunen på Mære dekker et areal på 2.000 m². Dette gjør det både teknisk og økonomisk vanskelig å bygge tak over.

Endelige priser

Det er gjennomført flere møter med alle tilbyderne, som har ført til til dels store endringer i tilbudene underveis. Drøftingene har bl.a. avdekket hva som *må* være med i anlegget, og hva som *kan* være med ("kjekt å ha"). Videre har graden av automatisering av anlegget mye å si for prisen, samt kvalitet på de enkelte komponentene. Vi har valgt å benytte kvalitetsmessig gode komponenter og forholdsvis høy automatiseringsgrad i anlegget. Gårdbrukere som ønsker å bygge anlegg kan velge å bruke rimeligere komponenter og lavere grad av automatisering. Investeringen blir mindre, med det fører samtidig til merarbeid med tilsyn/vedlikehold og daglig drift. CHP-enheten er den dyreste enkeltkomponenten i anleggene. Ved de fleste norske gårdsanlegg vil det være lite aktuelt å investere i en slik enhet, ettersom strømproduksjon vil være ulønnsomt med mindre man har gode avtaler med et lokalt kraftselskap. I Tyskland er strømproduksjon av biogass vanlig. Dette kommer av at det kan inngås langvarige avtaler med kraftselskapene om levering av strøm fra biogass til gode priser (opp til kr. 1,60/kWh, såkalt feed-in tariff, jf. avsnitt 2.2).

Som nevnt tidligere varierte tilbudene fra om lag 6 til 14 mill. kr. Etter forhandlingsrundene er kostnadsforskjellene blitt mye mindre. De ulike tilbudene er nå blitt mer sammenlignbare i forhold til utstyr og kvalitet. Gjennomsnittspris for anleggene er på om lag 6,5 mill. kr. Dette gir en gjennomsnittlig kostnad på ca. 1,5 mill. kr. per 1.000 tonn substrat som skal inn i anlegget på Mære. Dette samsvarer godt med beregninger som er gjort tidligere (Bioforsk Rapport, Vol 5 Nr 2 2010).

3.4 Biogassanlegg på Mære - oppsummering av prosessen så langt

- Mære Landbruksskole ønsker å være et kompetansesenter for klimatiltak og fornybar energi i landbruket, og anser biogassproduksjon som et sentralt og viktig satsningsområde. Dette er vedtatt både av skolens styre og eier (NTFK).
- Samarbeid og nærhet til landbruk, næring og politiske organ er allerede godt etablert ved Mære. Som landbruksskole når den også relevante grupper i undervisningen; både eksisterende og fremtidige bønder og næringsdrivende.
- Gårdsbruket på Mære Landbruksskole er nylig ombygget med nytt veksthus og grisehus. Begge representerer driftsformer med stort energibehov. Bruket har allerede et fungerende fjernvarmeanlegg som i dag benytter fossilt brennstoff. Med et biogassanlegg vil Mære kunne drifte dette anlegget med selvprodusert, fornybar energi. I tillegg er byggingen av et termisk varmelager i gang. Dette åpner for ytterligere utnyttelse av den energien som blir produsert i biogassanlegget.
- Det er gjennomført et forprosjekt (2007) som konkluderer med at Mære har meget gode forutsetninger for å bli et kompetansesenter innen bioenergi, og da spesielt biogass.
- Mære har politisk støtte i biogassprosjektet, da behovet for et pilotanlegg for biogassproduksjon er stort ikke bare i regionen, men også på et nasjonalt plan.
- Det er allerede etablert viktige samarbeidspartnere i prosjektet. Blant de viktigste er Bioforsk og Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE). Bioforsk har deltatt i hele prosessen og er meget interessert i mulighetene for å benytte anlegget i forskning- og utviklingsøyemed. NTE støtter prosjektet økonomisk og ønsker også å bidra til å utvikle gårdsbaserte biogassanlegg under norske forhold.
- Mære landbruksskole og samarbeidspartnerne har gjennom en grundig og omfattende anbudsprosess fått økt innsikt i aktuelle tekniske og praktiske løsninger for bygging av småskala biogassanlegg. Ikke minst er innsikt og kompetanse til å kunne vurdere de mest relevante løsninger totalt sett ift. egne behov og muligheter av avgjørende betydning for de som ønsker å satse på slike anlegg.
Anbudsprosessen er godt dokumentert, og vil være et godt grunnlag både for det videre arbeidet med dette prosjektet og som grunnlag for veiledning til andre.
- Det er i prosjektperioden gjennomført flere kompetansetiltak. To seminar om biogass er avviklet på Mære i samarbeid med Bioforsk. Mære deltok som medarrangør på biogasseminar på Tingvoll sammen med Bioforsk økologisk, og har i samarbeid med dem også vært aktiv i dannelsen av biogassnettverket "Biogass Midt-Norge". Det er utgitt et nyhetsbrev om biogass i landbruket, der deler av innholdet er basert på erfaringer fra prosjektet.

Kilder

- Avfall Norge & Lystad, H. 2010. Status biogassplaner.
- Bøen, A., Haraldsen, T.K. & Sørheim, R. 2004. Muligheter for bruk av avfallsbasert biorest fra anaerob biologisk behandling. Jordforsk. Jordforsk Rapport nr. 127.
- Briseid, T. & Fisknes, G. 2007. Biogass på Mære landbruksskole - en forundersøkelse. 2[57]. Bioforsk Jord og Miljø. Bioforsk Rapport.
- Briseid, T., Govasmark, E. & Haraldsen, T.K. 2010. Kva moglegheiter ligg det i bioresten.
- Briseid, T., Sørby, Nesheim, L., Vallumrød & Lønnum .2007. Biogassproduksjon av organisk restprodukt i landbruket. Holm gård i Re. Teknologivalg og kostnadsberegninger.
- Fylkesmannen i Rogaland .2010. Biogass basert på husdyrgjødsel. Fylkesmannen i Rogaland, i samarbeid med Mattilsynet, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Innovasjon Norge, Enova, NOBIO og SLF.
- Global Feed in Tariffs .2010. www.globalfeedintariffs.com.
- Hanssen, J.F. 1983. Produksjon av energirik biogass. Miljøteknikk, 14-20.
- Klif .2010. Klimakur 2020 -Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020.
- LMD .2009. Stortingsmelding nr. 39; Klimautfordringene -landbruket en del av løsningen.
- Mære landbruksskole .2009. Senter for klimatiltak og fornybar energi i landbruket. Prosjektplan.
- Mære landbruksskole, Høgskolen i Nord-Trøndelag, Planteforsk Kvithamar & Nord-Trøndelagsforskning .2004. Bioenergigård Mære.
- Nielsen, B.S. 2010. Biogas in Nordic countries - status and framework conditions.
- Nord-Trøndelag Fylkeskommune, E. 2010. Konkurransgrunnlag for totalentrepriser. Prosjekt: Biogassanlegg med kraftvarmeverk og forlager på Mære Landbruksskole.
- Raadal, H.L., Schakenda, V. & Morken, J. 2008. Potensialstudie for biogass i Norge. Enova SF. OR 21.0.
- Randeberg, Jacobsen & Håvik .2005. Biogass i Hordaland. Naturvernforbundet Hordaland, Hordaland Olje og Gass (HOG).
- Schnürer, A. & Jarvis, Å. 2009. Mikrobiologisk Handbok För Biogasanläggningar. Avfall Sverige Utvecling och Svensk Gasteknisk Center AB.
- Sørheim, R. & et.al .2010. Biogass -Kunnskapsstatus og forskningsbehov. Briseid, T., Haraldsen, T. K., Linjordet, R., Wittgens, B., Hagen, Ø., Josefsen, K., Horn, S. J., Morken, J., Hanssen, J. F., Lunnan, A., Berglann, H., and Krokann, K. 5[16]. Bioforsk Rapport.

Vedlegg

Vedlegg 1

Teknisk spesifikasjon

Spesifikasjonen inneholdt følgende elementer:

Biogassreaktor

Selve biogassreaktortanken må være temperaturisolert, ha muligheter for tilførsel av vannbåren varme (dannet fra produsert biogass/gassmotor), et godt røreverk og pumper for inn- og utmating av råstoff og gjødselprodukt (biorest)

Reaktortanken(e) skal være stående sylindere. Miljøet inne i reaktoren er aggressivt, og det skal benyttes dertil egnede materialer.

Aktuelle isolasjonsmaterialer kan være mineralull (glassvatt, stnull) som tåler høye temperaturer og ikke suger opp vann kapillært. Minerallull er diffusjonsåpent og må beskyttes mot fuktighet for å opprettholde isolasjonsevnen. Bruk av dobbel toppduk vil øke isolasjonsevnen i taket.

Leverandør skal gi anbefalt oppholdstid i reaktor som gir en optimal biogasskvalitet til kraftvarmeverket.

Det må også tas hensyn til muligheten for lange og kalde vintre, og store, tunge snøfall.

Mellomlager

Det antas at ca. 20 % av biogassen dannes i en mellomlagertank, så tanken må være utstyrt med en biogassoppsamler og/eller en energigjenvinningsenhet (varmeveksler mot reaktortank) ut fra økonomi og miljøhensyn.

Mellomlageret skal fungere som en mellomstasjon på vei mot eksisterende sluttlager.

Gasslager

Det skal inkluderes en passende kapasitet for gasslagring.

Det kan være hensiktsmessig med en eller flere gasslagere som gir en tilstrekkelig fleksibilitet i kraft/varme-produksjon visavis gassproduksjon.

Målesystem for gassmengde, temperatur og gassdeteksjon

Det skal inkluderes et målesystem for produsert gassmengde, temperatur og gass-sammensetning (% CH₄) og surhetsgraden/pH-verdien.

H₂S-reduserende tiltak

Mengden av hydrogen sulfid (H₂S) vil være avhengig av mengde sulfat i inngående substrat samt svovelinholdet i det organiske materiale. H₂S er illeluktende og svært giftig gass, og man antar at den dannes i reaktortanken i størrelsesorden 1-2 %. Forbrenning av biogass med for høyt innhold av H₂S vil medføre korrosjon på utstyr og generatorer. Det skal derfor inkluderes en løsning for å redusere H₂S-innholdet i biogassen til maks. krav satt av motor-/turbinleverandør.

Gassfakling

Det skal inkluderes et gassfaklingsystem og gassdetektorer for gassovertvåking og nødavstenging av anlegget eller overskuddsfakling.

Røreverk

Bevegelige propellomrørere er å foretrekke fremfor pumpe grunnet energiforbruk og enklest å håndtere. Innblanding av energivekster vil medføre større viskositet og større tendens til sedimentasjon, noe som krever større rørekapasitet.

Pumper

Pumpe for substrathåndtering kan plasseres i en egen pumpebrønn mellom husdyrrom og biogassreaktoren. Pumpen kan være nedsenkbar, og pumper substratet opp til toppen av biogass reaktortanken. Substratet spres rett over overflaten for å redusere skumdannelsen. Denne løsningen sikrer også at biogassreaktortanken ikke tømmes ved et eventuelt brudd på rørledning eller tilbakeslag gjennom pumpen. Ved gjødselhåndtering er det ønskelig med roterende stempelpumper (vedlikeholdsvennlige, men bråker mye) eller eksentriske skruepumper (gjenstander < 4 cm).

Varmevekslere

Dersom det skal varmeveksles mellom inngående substrat og utgående biomasse, avhengig av utnyttbar varme, er det anbefalt å benytte systemer som bryter opp laminær strømning med jevne intervaller. Ved innstrømningsiden er en av utfordringene knyttet til fremmedlegemer i substratet, mens man på utløpssiden kan få utfelling av struvite ($MgNH_4PO_4$). Det må også leveres varmevekslere som tar motorvann på den ene siden og fjernvarmevann på den andre siden, slik at vi får utnyttet motorens kjølevann (se også Aggregat og Energigjenvinning).

Aggregat og Energigjenvinning

Det skal tilbys følgende løsninger med separate priser, og en anbefaling på den mest lønnsomme løsningen.

- 1) Kun varmeproduksjon ved bruk av gassbrenner basert på substratblanding
- 2) Kraft/varme-aggregat i størrelsesorden 30 kWe basert på substratblanding
- 3) Kraft/varme-aggregat i størrelsesorden 50-60 kWe basert på substratblanding

Aggregat

Det er ønskelig med et aggregat som maksimerer el-produksjon og som gir god økonomi i prosjektet. Fortrinnsvis en gassmotor for å unngå behov for gasskompressor. Aggregatet skal være kompakt (gjerner motor og generator på en egen fastmontert ramme). Det skal tilbys en komplett elektromekanisk pakke.

Vedlegg 2

Kriterier for utvelgelse

Det mest økonomisk fordelaktige tilbudet velges ut i fra følgende underkriterier:

UNDERTILDELINGSKRITERIER	DOKUMENTASJONSKRAV	VEKTES
<u>Pris:</u> Tilbudssum Sammenlignbar Standard og kvalitet i tekniske løsninger Driftskostnader	Utfylt tilbudsskjema	40 %
Gjennomføringsplan	Gjennomføringsplan som viser hvordan tilbyder vil gjennomføre og bemanne byggeprosjektet innenfor gitte frister	10 %
Hvordan standardkrav og kvalitetskrav i kravspesifikasjon / beskrivelse er oppfylt Tekniske løsninger Teknologi	Beskrivelse som viser hvordan krav til kvalitet og standard i konkurransegrunnlaget er oppfylt. referanseliste	40 %
Hvordan krav til service og teknisk bistand er ivaretatt: Responstid	Beskrivelse som viser hvordan krav til service og teknisk bistand i konkurransegrunnlaget vil oppfylles	10 %

Andre tildelingskriterier enn pris (som utgjør 40 %), ble vektet slik:

Karakter	
6	Meget bra
5	Bra
4	Som forventet
3	Middels
2	Minimum
1	Dårlig

Det ble utarbeidet et regneark der prisene ble lagt inn, og de øvrige kriteriene ble gitt karakterer.

