



**SINTEF Teknologi og samfunn**  
Teknologiledelse

Postboks: 4760 Sluppen  
Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: S P Andersens veg 5  
7031 Trondheim  
Telefon: 73 59 03 00  
Telefaks: 73 59 03 30

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Forutsetninger for biogassproduksjon i Norge -  
En flerfaglig case-studie av Ørland og Frosta**

FORFATTER(E)

Øivind Hagen<sup>1</sup>, Christine Hung<sup>2</sup>, Kjell D. Josefsen<sup>3</sup> og  
Johan Pettersen<sup>4</sup>

OPPDRAKSGIVER(E)

Fosen Næringshage/Norges forskningsråd

RAPPORTNR. SINTEF A18274	GRADERING ÅPEN	OPPDRAKSGIVERS REF. Ketil Kvam, Fosen Næringshage	
GRADER. DENNE SIDE ÅPEN	ISBN 978-82-14-05085-1	PROSJEKTNR. 60T033	ANTALL SIDER OG BILAG 30 + vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Øivind Hagen	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Hans Torvatn	
ARKIVKODE	DATO 2011-02-10	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Tore Nilssen, forskningssjef	

## SAMMENDRAG

Hensikten med prosjektet har vært todelt: For det første å kartlegge forutsetninger for biogassproduksjon i Norge ved å studere to case; kommunene Ørland og Frosta. For det andre å bidra med forskningsbaserte innspill til aktørene i de to kommunene som jobber med å få i gang biogassproduksjon.

Hovedfunnene fra prosjektet er at manglende bedriftsøkonomisk lønnsomhet gjør at mange biogass-initiativ i dag settes på vent. Biogassproduksjon er basert på en kjent teknologi, men teknologiske innovasjoner er nødvendig for å bedre effektivitet og økonomi i norske biogassprosjekt. Biogassproduksjon både på Ørland og Frosta vil føre til en reduksjon i klimagassutslipp, men dette forutsetter stor bevissthet om og riktige valg i utforming av biogassfabrikk, logistikk løsninger og anvendelse av sluttprodukt. Kommuner og aktører som ønsker å sette i gang biogassproduksjon innenfor dagens rammevilkår kan lære mye av Ørland og Frosta når det gjelder å skape et strategisk handlingsrom (mulighetsrom) for utvikling av biogassproduksjon på tross av dagens manglende bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Energi	Energy
GRUPPE 2	Biogass	Biogas
EGENVALGTE	Energi- og klimainnovasjon	Energy and climate innovation
	Livsløpsvurdering	Life-cycle assessment
	Teknisk-økonomisk evaluering	Technical and economical evaluation
	Næringsutvikling	Business development

<sup>1</sup> SINTEF Teknologi og samfunn og Handelshøyskolen BI

<sup>2</sup> <sup>4</sup> MiSA AS (Miljøsystemanalyse)

<sup>3</sup> SINTEF Materialer og kjemi

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>BAKGRUNN</b> .....	<b>3</b>
1.1	Biogass.....	3
1.2	Hvorfor biogass?.....	4
<b>2</b>	<b>RESULTATER</b> .....	<b>5</b>
2.1	WP1 Prosesskunnskap .....	5
2.1.1	Biogassprosessens biologi.....	5
2.1.2	Teknisk utnyttelse av biogassprosessen.....	5
2.1.3	Produkter fra biogassprosessen.....	7
2.1.4	Potensialet for produksjon av biogass på Ørland og Frosta.....	8
2.1.5	Anvendelse av biogassen .....	9
2.1.6	Økonomiske betraktninger.....	10
2.1.7	Konklusjon .....	11
2.2	WP2 Miljøsystemkunnskap .....	12
2.2.1	Forutsetninger for miljøsystemvurdering.....	12
2.2.2	Klimaregnskap for biogassanlegget.....	15
2.2.3	Miljøeffekter utenom klima .....	16
2.2.4	Erstatning av kunstgjødsel og gjødselbehov .....	17
2.2.5	Slutninger fra miljøsystemvurderingen.....	19
2.3	WP3 Biomobilisering .....	20
2.3.1	Ørland.....	20
2.3.2	Frosta.....	24
2.3.3	Avrunding .....	27
<b>3</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>29</b>
	Appendiks.....	30

## 1 BAKGRUNN

Dette er en sluttrapport for prosjektet ”Biogass Trøndelag: Helhetlig og lokalt tilpasset design av biogassanlegg”.

Hensikten med prosjektet har vært å kartlegge forutsetninger for biogassproduksjon i Norge ved å studere to case; kommunene Ørland og Frosta. De to casene er analysert fra tre ulike perspektiv: Prosesskunnskap (WP1) – hvordan optimalisere biogassproduksjonen gitt lokal råvaretilgang? Miljøsystemkunnskap (WP2) – er biogassproduksjonen klima-, energi- og miljøvennlig gitt lokale forhold? og Biomobilisering (WP3) – hvordan legge forholdene til rette for biogass som innovasjonsprosess? SINTEF Materialer og kjemi (Kjell D. Josefsen) har vært ansvarlig for WP1, MiSA AS (Christine Hung/Johan Pettersen) WP2 og SINTEF Teknologi og samfunn (Øivind Hagen) WP3. SINTEF Teknologi og samfunn har koordinert de tre arbeidspakkene.

Prosjektet har vært organisert som et brukerstyrt innovasjonsprosjekt, med aktiv involvering fra brukersiden. I tillegg til målsettingen om å produsere generell kunnskap om forutsetninger for biogassproduksjon, har hensikten med prosjektet vært å bidra konstruktivt i innovasjonsprosessene i de to kommunene gjennom forskningsinnspill. Ørland har vært i fokus i 2009, mens Frosta har vært i fokus i 2010.

Hovedsamarbeidspartnere har vært Fosen Næringshage på Ørland og Frosta Utvikling på Frosta. Fosen Næringshage har vært kontraktspartner mot Norges forskningsråd og stått for prosjektledelse mesteparten av prosjektet, etter at SINTEF Teknologi og samfunn fungerte som prosjektleder første halvår. Prosjektet har vært finansiert fra Norges forskningsråd og gjennom bidrag fra de ulike aktørene på brukersiden.

En referansegruppe bestående av aktører fra brukersiden og SINTEF Teknologi og samfunn fra forskningssiden har fulgt prosjektet og hatt møter jevnlig. Referansegruppen har fått statuspresentasjoner fra de ulike arbeidspakkene underveis, og kommet med innspill på analyser og valg i forskningen. Resultatene fra de ulike arbeidspakkene er også blitt presentert og diskutert i seminar både på Ørland og Frosta.

Hensikten med rapporten er å summere opp hovedfunnene fra prosjektet og å synliggjøre aktivitetene som er gjennomført i regi av forskningsprosjektet. I første del av rapporten summeres funnene fra de ulike arbeidspakkene opp, samtidig som det blir sagt litt om bakgrunn og organisering av prosjektet. Funnene blir også utdypet i appendiks der ulike aktiviteter og initiativ i lys av prosjektet synliggjøres.

### 1.1 Biogass

Biogass er betegnelsen på en blanding av i hovedsak metan ( $\text{CH}_4$ , 45-70 %) og karbondioksid ( $\text{CO}_2$ , 25-45 %) som dannes når organisk materiale brytes ned av mikroorganismer under anaerobe forhold, dvs. i fravær av molekylært oksygen ( $\text{O}_2$ ). Forholdet mellom  $\text{CH}_4$  og  $\text{CO}_2$  avhenger i noen grad av hva slags organisk materiale som omsettes og prosessutformingene. I tillegg inneholder biogass mindre mengder vanddamp ( $\text{H}_2\text{O}$ ), nitrogen ( $\text{N}_2$ ), hydrogensulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) og spor av hydrogen ( $\text{H}_2$ ), karbonmonoksid ( $\text{CO}$ ) og  $\text{O}_2$ . Biogassen kan brennes direkte for oppvarming, eventuelt i kombinasjon med produksjon av elektrisk strøm i

gassturbiner, eller den kan videreforedles til gassformig drivstoff, katalytisk konverteres til flytende drivstoff eller omformes til elektrisitet i brenselceller.

Avhengig av anvendelsen kan det være nødvendig å rense gassen for  $H_2S$  og  $H_2O$  fordi disse fører til korrosjonsproblemer i armaturer, brennere og motorer. Ved oppgradering til flytende drivstoff fører spor av  $H_2S$  til katalysatorforgiftning.  $CO_2$  og  $N_2$  bidrar ikke til brennverdi i gassen og fjernes derfor i anvendelser hvor økt brennverdi er nødvendig. Dersom det meste av  $CO_2$  i biogassen fjernes, oppnår man et produkt som kalles biometan og som har egenskaper og anvendelser omtrent på linje med naturgass.

## 1.2 Hvorfor biogass?

Biogass basert på fermentering av organisk materiale er fornybar energi, og gir ikke et netto utslipp av drivhusgasser forutsatt at det produserte metanet forbrennes til  $CO_2 + H_2O$ . Fra lagret husdyrgjødsel vil det dannes metan og lystgass ( $N_2O$ ) enten man ønsker det eller ikke. Det samme er tilfellet for annet deponert organisk avfall. Metan og lystgass er begge kraftige drivhusgasser. Ved å fermentere husdyrgjødsel og annet organisk avfall til biogass i en kontrollert prosess hvor biogassen samles opp og utnyttes, oppnår man således både reduserte utslipp av drivhusgasser i forhold til dagens nivå, og man får nyttbar energi. Biogassprosessen er særlig egnet for organisk materiale med et høyt vanninnhold hvor direkte forbrenning er lite aktuelt. I tillegg til biogass gir gjæringen gjødsel som kan nyttes i landbruket.

## 2 RESULTATER

I dette avsnittet summerer vi opp hovedfunnene for de tre arbeidspakkene. For en utdyping av funn, metode, fremgangsmåte og aktiviteter i prosjektet for øvrig viser vi til vedlegg.

### 2.1 WP1 Prosesskunnskap

Målsettingen med denne arbeidspakken har vært todelt – dels å se på de teknisk-økonomiske forutsetningene for sentraliserte biogassanlegg på Frosta og Ørland, dels mer grunnleggende studier av mikrofloraen i biogassanlegg. Den siste delen ble gjennomført i form av en masteroppgave (sammendrag er gitt i Vedlegg M) utført av Anna Synnøve Ødegaard Røstad under veiledning av professor Kjetill Østgaard ved Institutt for bioteknologi, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

#### 2.1.1 Biogassprosessens biologi

Biogassprosessen er en sammensatt mikrobiologisk prosess, hvor et konsortium av mikroorganismer deltar og hvor den ene benytter det den andre skiller ut. I dette kompliserte samarbeidet deler man gjerne prosessen inn i fire trinn:

- Hydrolysetrinnet hvor større molekyler, f.eks. proteiner, stivelse, nukleinsyrer og cellulose spaltes til monomerer, som aminosyrer, nukleotider og sukkerforbindelser
- Syretrinet hvor monomerene gjæres til gjæringsprodukter som alkoholer og organiske syrer
- Acetogenesetrinnet hvor acetogene bakterier danner acetat (eddiksyre)
- Metantrinet hvor metan dannes fra acetat og fra hydrogen og karbondioksid

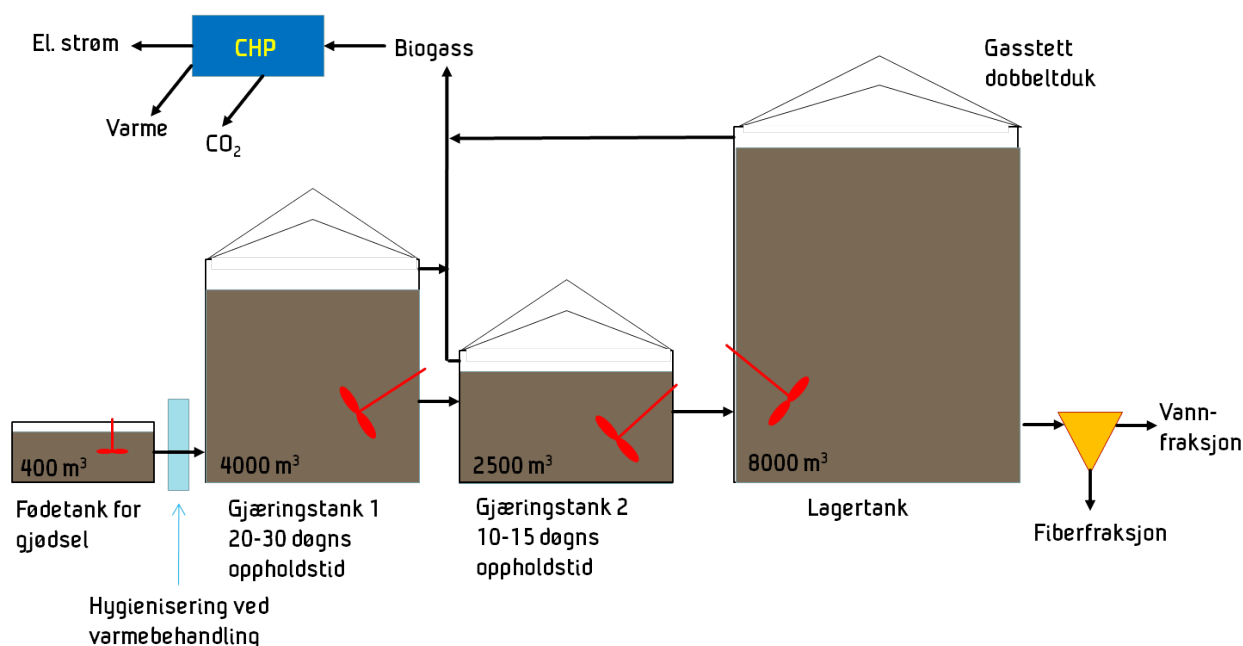
Hvert av trinnene er dominert av forskjellige typer mikroorganismer, med delvis forskjellige krav til miljø, f.eks. pH, til en viss grad til temperatur, til toleranse for ammonium, organiske syrer og andre vekstbegrensende faktorer. Spesielt det siste trinnet, dannelsen av metan, som utføres av såkalte metanogene organismer, krever strengt anaerobe forhold.

De metanogene (metandannende) mikrobene som tilhører Archaea, bør ha relativt nøytral pH (6,5-7,5), og er følsomme for høye konsentrasjoner av ammoniakk. De har høyest aktivitet ved 30-38 °C (mesofile mikroorganismer) eller ved 50-60 °C (termofile mikroorganismer). I naturen skjer disse prosessene vanligvis ved langt lavere temperaturer i myrer, sedimenter og i fuktig jordsmonn. Metanprosessen er viktig i magen til drøvtyggere og kan også skje ved lagring av gjødsel i gjødselkjellere. Ved utnyttelse av biogass legger vi forholdene til rette i kunstige systemer, gjerne i lukkede tanker uten tilførsel av luft. Det er utviklet svært mange ulike typer biogassprosesser, fra svært enkle små anlegg benyttet i Østen gjennom århundrer til høyteknologiske store industrianlegg.

#### 2.1.2 Teknisk utnyttelse av biogassprosessen

Produksjon av biogass fra organisk avfall er vel etablert teknologi. Husdyrgjødsel og organisk avfall med et høyt vanninnhold, som avløpsslam, matavfall, avfall fra næringsmiddelindustri, vekstresten fra landbruket og en del energivekster, er godt egnet som substrater for biogassproduksjon. Det viser seg at produksjonen ofte er mer robust og mer effektiv når forskjellige substrater blandes, enn når de benyttes hver for seg (Schnürer og Jarvis, 2009).

De fleste nye biogassanlegg som bygges i dag er kontinuerlige anlegg med en utforming som skissert i Figur 1. Gjæringstanken fødes kontinuerlig med substrat, mens en like stor mengde ferdiggjæret masse samtidig tas ut av tanken. I gjæringskaret blandes den innkommende massen i større eller mindre grad med det som allerede er i gjæringstanken. Den massen som samtidig fjernes fra tanken vil derfor være en blanding av masse med svært ulik oppholdstid i gjæringstanken. Noen få prosent av det som fjernes kan faktisk ha blitt tilsatt i løpet av de siste par døgn, og er således ikke gjæret i det hele tatt, mens noe av det som fjernes kan ha oppholdt seg i flere måneder i tanken. For å fange opp noe av den biogassen som går tapt ved at noe substrat passerer tilnærmet ugjæret gjennom gjæringskaret, føres massen fra den primære gjæringstanken ofte til et nytt gjæringskar, noen ganger kalt en ettergjæringstank, hvor en viss biogassdannelse skjer. I Tyskland er omkring 2/3 av alle nye biogassanlegg basert på to-trinns gjæring (Weiland, 2010), gjerne kombinert med en gasstett etterlagringstank, slik at eventuell metandannelse under lagringen også fanges opp. Det siste er mer av miljøhensyn enn økonomiske hensyn.



**Figur 1** Skjematisk skisse av et biogassanlegg slik de fleste som drives i dag er bygget. Volumene er for et anlegg beregnet på om lag 50 tusen tonn husdyrgjødsel per år. Fordi gjødsla samles inn fra flere ulike gårder og i ettetid spres på flere gårder, må den av smittevernhensyn hygieniseres ved varmebehandling før eller etter biogassprosessen. Biogassen som dannes i gjæringstankene, så vel som ved eventuell restgjæring i lagertanken, samles opp og går enten direkte til forbrenning for produksjon av varme, eller går, eventuelt etter rensing, til kraft/varmegeratorer (CHP) for forbrenning og produksjon av elektrisk strøm og varme. Sluttproduktet er CO<sub>2</sub>.



**Figur 2** Tyske biogassanlegg.

Valg av prosessløsning er en avveining mellom miljø og økonomi. Fra et miljøsynspunkt er to-trinns prosess og høyest mulig biogassutbytte ønskelig for å minimalisere ettergjæring og utslipp av metan til atmosfæren. En ett-trinns prosess kan imidlertid gi større gassutbytte per investert krone og dermed bedre prosessøkonomi. Fordi biogassprosessen i stigende grad sees på som et miljøtiltak, er to-trinns prosessen blitt stadig mer populær. I Tyskland har disse tankene typisk et volum på 1.000 til 4.000 m<sup>3</sup> (Weiland, 2010). I mesofile prosesser (dvs. rundt 35 °C i gjærings-tanken) basert på husdyrgjødsel er gjennomsnittlig oppholdstid i gjæringstanken ofte 20-30 døgn, mens den i termofile prosesser (ca. 55 °C) kan være 10-15 døgn.

Den relativt lange oppholdstiden for substratet i gjæringstankene innebærer at tankene nødvendigvis må bli store. Et anlegg for 50 tusen tonn husdyrgjødsel per år vil, med en oppholdstid på 25 døgn i den første gjæringstanken, kreve en gjæringstank på rundt 4.000 m<sup>3</sup>. Dette tilsvarer en tank med en diameter på 18 m og en høyde på 16 m. Plasseringen av biogassanlegg krever derfor omtanke. Tankene kan imidlertid delvis graves ned dersom de blir vel ruvende i landskapet. På grunn av behovet for transport til og fra anlegget vil det også kreves plass omkring tankene, slik at et areal på 5-10 mål trolig er et realistisk estimat. Av hensyn til trafikken og luktproblematikk bør slike anlegg ikke ligge nær boligområder.

Oppholdstiden er kortere i biogassanlegg basert på en termofil prosess (50-55 °C) enn i anlegg basert på en mesofil prosess (ca 35 °C). Dermed kan gjæringstankene være mindre og investeringene reduseres. Erfaringen er imidlertid at termofile prosesser er vanskeligere å styre, og de fleste anlegg i dag bygges for mesofile prosesser.

Det er rom for prosess tekniske forbedringer av biogassprosessen. Spesielt vil høyintensive reaktorer være av interesse, slik at nedbrytingen og omdanningen til metan kan skje raskere. Dette vil gi mindre anlegg og dermed reduserte investeringskostnader. Høyintensive anlegg kan imidlertid også stille strengere krav til overvåking og kontroll. Det er likevel ikke sannsynlig at nye prosessutforminger vil føre til dramatisk reduserte investerings- og driftskostnader. En stor del av kostnadene er knyttet til andre elementer enn selve gjæringsprosessen.

### 2.1.3 Produkter fra biogassprosessen

Råstoffet for biogass er husdyrgjødsel og annet egnet organisk avfall. De primære produktene er biogass (energi) og en restfraksjon (biorest) som er egnet som gjødsel i landbruket. Restfraksjonen kan om ønskelig separeres i en vannfraksjon (80-85 % av volumet) rik på ammonium (nitrogen) og en fiberfraksjon rik på fosfor. Om lag 80 % av nitrogenet i råstoffet følger vannfraksjonen (Nielsen, 2007) som kan spres på jorda på linje med blautgjødsel i dag. Vannfraksjonen gir vesentlig mindre lukt ved spredning enn blautgjødsel.

Fiberfraksjonen inneholder tungt nedbrytbare forbindelser, ofte lignocellulose, og biomasse av mikroorganismer fra prosessen. Om lag 70 % av fosforet i råstoffet ender opp i fiberfraksjonen (Nielsen, 2007) som er egnet som jordforbedringsmiddel, eller kan benyttes som råstoff for produksjon av hagejord o.l. På Frosta inneholder jorda ofte for mye fosfor, et resultat av gjødsling med spesielt svinegjødsel i mange år. Her vil separasjon i en vannfraksjon som benyttes lokalt som N-gjødsel, og en fiberfraksjon som ikke benyttes lokalt som gjødsel, være en bedre løsning enn dagens bruk av blautgjødsel.

Dersom restfraksjonen fra biogassprosessen skal benyttes som gjødsel i jordbruket, er det viktig at råstoffene som benyttes i produksjonen ikke inneholder uønskede kjemiske forbindelser som tungmetaller. Dette legger noen restriksjoner på hvilke råstoff som kan benyttes for produksjon av biogass. For eksempel er utsortert matavfall fra husholdninger lite egnet ettersom man ikke har god kontroll med hva husholdningene putter i dette avfallet.

I tillegg til metan inneholder biogass typisk rundt 40 % CO<sub>2</sub>. I de fleste situasjoner er denne verdiløs, men på Frosta hvor man har en stor veksthusnæring, er også dette et produkt av kommersiell og miljømessig interesse.

#### 2.1.4 Potensialet for produksjon av biogass på Ørland og Frosta

Både på Frosta og Ørland er husdyrgjødsel den primære råstoffkilden for biogassproduksjon. Frosta har tilgjengelig omkring 48 tusen tonn (våtvekt) husdyrgjødsel per år (Vedlegg Q), mens Ørlandsdistriktet har ca 70 tusen tonn (våtvekt) (Lilleengen, 2009)<sup>5</sup>. På Frosta utgjør grisegjødsel 74 % av total gjødselmengde, mens storfegjødsel utgjør 84 % på Ørland.

På Frosta totalt er biogasspotensial basert på husdyrgjødsel estimert til knapt ca 684 tusen Nm<sup>3</sup> metan<sup>6</sup>. Planteavfall, bortsorterte grønnsaker, etc. fra landbruket og veksthusnæringen på Frosta kan i tillegg gi rundt 30 tusen Nm<sup>3</sup> per år. Det er en stor usikkerhet knyttet til anslagene ettersom litteraturen på dette området gir til dels sprikende opplysninger både om hvor mye gjødsel som produseres fra ulike husdyr og hvor mye metan denne gjødsla kan generere under praktiske betingelser i et biogassanlegg (se Vedlegg Q for detaljer).

Antar man at 70 % av energipotensialet kan realiseres som anvendbar energi utenfor biogassanlegget<sup>7</sup>, vil et anlegg på Frosta basert på husdyrgjødsel og mindre mengder planteavfall gi ca 5 millioner kWh nyttbar energi. Benyttes biogassen til produksjon av elkraft og varme i en kraft/varmegenerator vil ca 2,4 millioner kWh leveres ut fra biogassanlegget som elektrisk energi, resten i form av varme. Det totale energiforbruket i Frosta kommune (inkluderer elektrisitet, petroleumsprodukter, gass og biobrensel) ligger i overkant av 100 millioner kWh<sup>8</sup>.

På Ørland er biogasspotensialet basert på husdyrgjødsel om lag 1 million Nm<sup>3</sup> metan (beregnet fra tall gitt av Lilleengen, 2009). Lilleengen har også beregnet at dyrking av energivekster i forbindelse med vekstskifte vil kunne gi ytterligere 2,4 millioner Nm<sup>3</sup> metan, men dette potensialet er ikke med i de videre beregningene. I tillegg ønsker Ørland å forgjære 10 tusen tonn fiskeensilasje (kategori II død fisk fra oppdrettsnæringen). Biogasspotensialet til dette avfallet er betydelig. Antar man at fiskeoljen separeres fra og brennes som fyringsolje, kan restfraksjonen gi ca 1,5 millioner Nm<sup>3</sup> metan (Grøntvedt *et al.*, 2010). Problemet med fiskeensilasje som råstoff for produksjon av biogass er det høye innholdet av nitrogen. Dermed dannes mye ammonium under gjæringsprosessen, noe som kan inhibere de metandannende mikroorganismene. En mulig løsning er å fortynne seg ut av problemet. Fortynning med vann til anslagsvis 50 tusen tonn fortynnet

<sup>5</sup> Lilleengen (2009) har beregnet tilgjengelig husdyrgjødsel i en sirkumferens på 30 km, noe som trolig inkluderer deler av Bjugn kommune. I Ørland kommune regner man med at det er tilgjengelig ca 50 tusen tonn husdyrgjødsel, med ytterligere ca 50 tusen tonn tilgjengelig i Bjugn.

<sup>6</sup> Biogass består i hovedsak av metan og CO<sub>2</sub>. Anlegg basert på husdyrgjødsel gir gjerne biogass med 60-65 % metan. Fordi det er metan som har verdi som energikilde, er det i det følgende valgt å fokusere på mengden metan som dannes fra ulike råstoff.

<sup>7</sup> Det tas da hensyn til at ikke all husdyrgjødsel vil bli utnyttet, samt at en del av den produserte energien benyttes til drift av biogassanlegget.

<sup>8</sup> Tall fra Energi- og klimaplan for Frosta kommune 2008-2018.



fiskeensilasje vil trolig gi et egnet substrat i blanding med husdyrgjødsel, men dette innebærer at gjæringstankene blir om lag dobbelt så store som for en prosess basert på 50-70 tusen tonn husdyrgjødsel. Andre tekniske løsninger må imidlertid også utredes.

Antar man som for Frosta, at 70 % av energipotensialet i husdyrgjødsel kan realiseres som nyttbar energi utenfor biogassanlegget, samt at 85 % av energipotensialet i fiskeavfallet kan realiseres som nyttbar energi utenfor biogassanlegget, vil et biogassanlegg basert på husdyrgjødsel og fiskeensilasje kunne gi knapt 20 millioner kWh per år, herav 9-9,5 millioner kWh som elektrisk strøm, resten som varme. Det totale energiforbruket i Ørland kommune er i dag om lag 110 millioner kWh per år<sup>9</sup>.

### 2.1.5 Anvendelse av biogassen

Både på Ørland og på Frosta er forbrenning av biogassen i en gassmotor, en kraft/varmegenerator (CHP) eller lignende for å produsere elektrisitet og varme den mest aktuelle løsningen. Utbyttet av elektrisk energi fra biogass er imidlertid bare ca 37 %, mens knapt 50 % blir omformet til nyttbar varme. Forbruket av energi i biogassanlegget til oppvarming, hygienisering, røring pumping, etc. er ifølge danske tall 0,15 kWh elektrisk energi og 1,0 kWh varme per produsert Nm<sup>3</sup> metan (Nielsen, 2004), noe som tilsvarer henholdsvis 1,5 og 10 % av energien i 1 Nm<sup>3</sup> metan (9,97 kWh). Nyttbar elektrisk energi til bruk utenfor biogassanlegget utgjør således ca 35 % av energiinnholdet i biogassen, mens nyttbar varme utgjør ca 38 %.

Elkraft kan enkelt transporteres over lange distanser og har anvendelse hele året. Varmen må derimot utnyttes lokalt, og i de fleste situasjoner svinger behovet sterkt i løpet av året. Nøkkelen til god driftsøkonomi i biogassanlegg ligger i å utnytte varmen på en god måte. På Ørland er det i utgangspunktet tenkt at Forsvarets flystasjon skal være avtaker av varmen, men på grunn av uklarhet om den fremtidige militære flyplasstrukturen i Norge er dette ennå ikke avklart. På Frosta fremstår veksthusnæringa som den mest aktuelle avtakeren for varmen. Dette betinger imidlertid at biogassanlegget plasseres i rimelig nærhet av et veksthusanlegg. Den totale produksjonen av nyttbar energi på Frosta er estimert til ca 5 millioner kWh, hvorav 2,4 millioner kWh som elektrisitet. Til sammenligning brukte Vangberg Gartneri i 2005 12,2 millioner kWh elektrisitet og 2,9 millioner kWh olje + gass<sup>9</sup>. Et middels stort gartneri kan således ta unna all den energien som produseres i et biogassanlegg på Frosta.

I veksthus er det ønskelig med en relativ høy konsentrasjon av CO<sub>2</sub> i atmosfæren, gjerne ca 1 %, for å oppnå en raskere plantevekst. I dag brennes propan for å generere CO<sub>2</sub>. Forbrenningen genererer også varme. Avhengig av årstid og vær er varmen ønsket, eller "fyres til kråka". Forbrenning av biogass (60 % metan og 40 % CO<sub>2</sub>) gir 40-50 % mer CO<sub>2</sub> per produsert enhet varme enn forbrenning av metan. Når målet med forbrenningen er CO<sub>2</sub>, vil et høyere utbytte av CO<sub>2</sub> per enhet produsert varme være en fordel. I 2005 brant Vangberg Gartneri 230 tonn propan for produksjon av CO<sub>2</sub>. Dette tilsvarer  $15,6 \cdot 10^6$  mol CO<sub>2</sub>. Forbrenning av 715 tusen Nm<sup>3</sup> metan gir  $16,1 \cdot 10^6$  mol CO<sub>2</sub>. I tillegg inneholder biogassen 40 % CO<sub>2</sub> som tilsvarer  $10,7 \cdot 10^6$  mol CO<sub>2</sub>. Samlet representerer således biogassen omlag 1,7x CO<sub>2</sub>-behovet ved et relativt stort gartneri. Dette vil, i motsetning til CO<sub>2</sub> produsert ved forbrenning av propan, være klimanøytral CO<sub>2</sub>. Dersom den dannede CO<sub>2</sub> skal benyttes i veksthus, vil det imidlertid stille krav til rensing av biogassen for uønskede gasser som NO<sub>x</sub> og H<sub>2</sub>S.

---

<sup>9</sup> Tall fra Energi- og miljøplan for Ørland kommune 2007-2012.

### 2.1.6 Økonomiske betraktninger

Den bedriftsøkonomiske lønnsomheten av et biogassanlegg avhenger av investeringskostnadene, driftskostnadene og inntekten ved salg av anleggets produkter, i hovedsak energi. For Ørland kommune forelå det allerede økonomiske vurderinger, men for Frosta var det ikke tidligere foretatt slike beregninger. Det følgende er derfor basert på situasjonen på Frosta.

#### 2.1.6.1 Investeringskostnader

Investeringskostnadene for et biogassanlegg vil avhenge av faktorer som tomtepris, nødvendig opparbeiding av tomt, behov for lagringskapasitet av råstoff før behandling, og ferdiggjæret produkt etter behandling, hvorvidt ferdiggjæret produkt skal separeres i en vannfase og en fiberfraksjon, og hvordan biogassen utnyttes; brenning for produksjon av varme krever minst investeringer, mens oppgradering til biometan krever relativt omfattende investeringer. Kun ved å innhente tilbud fra leverandører av slike anlegg kan man få et noenlunde klart kostnadsbilde, men dette er ikke aktuelt på nåværende stadium. I dette prosjektet ble det derfor forsøkt å anslå investeringskostnadene ut fra data gitt i litteraturen. En erfaring fra gjennomgangen av litteraturdata er at de til dels varierte betydelig (Vedlegg Q). En samlet konklusjon er likevel at et biogassanlegg på Frosta trolig vil kreve en investering på 15-20 millioner kroner, med 10 og 25 millioner kroner som ytterpunkter. Dersom man kutter ut omformingen av en del av energien til elektrisitet i en kraft/varmegenerator eller lignende og bare produserer varme (og CO<sub>2</sub>), vil anlegget bli 15-20 % rimeligere. Dette forutsetter imidlertid at man har lokal avsetning for varmen i det minste store deler av året.

#### 2.1.6.2 Driftskostnader

De viktigste driftskostnadene ved et biogassanlegg vil trolig være personell, vedlikehold og transport av gjødsel til og biorest fra biogassanlegget. Energiutgiftene er allerede inkludert som et redusert utbytte av nyttbar energi utenfor anlegget. Vedlikehold kan forsiktig anslås til 5 % av investeringen eller med et rundt tall, 1 million kroner per år. Driften av selve anlegget krever neppe mer enn 1-2 årsverk, men i tillegg må husdyrgjødsel samles inn og fraktes til anlegget, og restproduktene fraktes ut igjen. Med 48 tusen tonn husdyrgjødsel per år og transport fra gård til anlegg 250 dager i året, er transportbehovet 192 tonn per dag. En tankbil med en kapasitet på 30 tonn per tur må gjøre 6-7 turer hver arbeidsdag. Avstandene er korte på Frosta, og det er mulig man klarer seg med en bil, men to biler er nok mer realistisk. Et konservativt anslag blir da at biogassanlegget, inkludert transport, krever tre årsverk som tilsvarer lønnsutgifter på 1,5-2 millioner kroner. Samlet gir dette driftsutgifter på minst 2,5-3 millioner kroner per år. At dette er et konservativt anslag understrekes av at ekstrapolering av danske tall (Vedlegg Q) gir årlige driftsutgifter på rundt 4 millioner kroner for et anlegg av den størrelsen som er aktuell på Frosta.

#### 2.1.6.3 Inntekter

Inntektene fra et biogassanlegg vil i all hovedsak komme fra salg av energi. Eventuelle inntekter fra salg av CO<sub>2</sub>, oppgradert gjødsel og biorest, vil neppe utgjøre mer enn noen få prosent av inntektene fra salg av energi. Antar vi, noe optimistisk 0,5 kroner per kWh både for elektrisitet og varme, gir dette inntekter på 2,5 millioner kroner per år.

#### *2.1.6.4 Produksjon av biogass på Frosta er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt med dagens rammebetingelser*

Inntektene fra et biogassanlegg på Frosta vil med dagens energipriser knapt dekke driftsutgiftene til anlegget, langt mindre avskrivning og renter på investeringene. Anlegget vil ikke være bedriftsøkonomisk lønnsomt med nåværende rammebetingelser.

#### *2.1.6.5 Kan fremtidige tekniske forbedringer gi bedre bedriftsøkonomi?*

Dagens teknologi for produksjon av biogass er ikke prosessteknisk optimal, og nye tekniske løsninger kan utvilsomt resultere i mer kompakte løsninger med kortere oppholdstid for biomassen og reduserte investeringskostnader. Imidlertid, så lenge inntektene fra biogassproduksjonen knapt dekker driftskostnadene, vil selv ikke en halvering av investeringene (et optimistisk anslag) føre til en dramatisk forbedret prosessøkonomi. Økte salgsinntekter er nødvendig.

Den viktigste inntektskilden er salg av energi. Økte energipriser, enten som en følge av generelt økte priser eller statlig subsidiering, er nødvendig for å gjøre biogassprosessen bedriftsøkonomisk interessant i Norge. I Tyskland er lange (mange år) statlig subsidierte energikontrakter (ca 1,85 kr/kWh) virkemiddelet som benyttes for å stimulere til utbygging av biogassanlegg. Med priser på dette nivået vil biogassproduksjon trolig være bedriftsøkonomisk lønnsomt også i Norge.

En ulempe med biogass fra anlegg av en størrelse som på Frosta og Ørland, er at mulighetene for å utnytte energien i gassen optimalt er begrensede. En stor del av energien ender opp som varme som må utnyttes lokalt, og det er få bedrifter og institusjoner som har et tilstrekkelig varmebehov til å ta unna all varmen hele året. Samtidig gjør det høye innholdet av CO<sub>2</sub> (30-45 %) gassen uegnet for komprimering til flytende form. Dermed blir lagringsmulighetene begrensede og transport av gassen over lengre distanser uaktuelt. Teknologi for å separere metan og CO<sub>2</sub> foreligger, men er ikke lønnsom for små anlegg. Ny teknologi som membranseparasjon kan endre dette bildet. Sluttproduktet fra en separasjon av biogass, biometan, kan komprimeres til flytende form og lagres, og kan også benyttes blant annet til drivstoff. Dette vil gi biogassen høyere verdi, men om det er tilstrekkelig til å gi bedriftsøkonomisk lønnsomhet, er ikke kjent.

#### **2.1.7 Konklusjon**

Produksjon av biogass fra husdyrgjødsel kan både på Frosta og Ørland teoretisk dekke omkring 5 % av kommunens energibehov. Dersom man på Ørland i tillegg forgjærer 10 tusen tonn fiskeavfall per år, vil dette øke produksjonen til et nivå tilsvarende om lag 15 % av kommunens energiforbruk. Dette forutsetter imidlertid at man klarer å utnytte varmen, som utgjør vel halvparten av den produserte energien, på en god måte. På Frosta har man en veksthusnæring med behov for CO<sub>2</sub>, noe som kan gjøre biogassproduksjon ekstra interessant der. Med dagens energipriser (0,5 kr/kWh) er imidlertid produksjon av biogass på Frosta fra husdyrgjødsel og mindre mengder planteavfall, ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt. Et grovt overslag tilsier at energiprisene bør være rundt tre ganger høyere enn i dag før biogassproduksjonen kan bli bedriftsøkonomisk lønnsom. En noenlunde tilsvarende konklusjon er trukket for Ørland, men det er ikke regnet på Ørland i dette prosjektet. En utbygging av sentraliserte biogassanlegg for håndtering av husdyrgjødsel bør således primært ses på som et miljøtiltak for å redusere utslippene av drivhusgasser fra landbruket, hvor energiproduksjonen er en ekstra bonus. En slik utbygging vil neppe skje uten rammebetingelser som gjør dette bedriftsøkonomisk lønnsomt.

## 2.2 WP2 Miljøsystemkunnskap

Målsettingen med miljøsystemvurderingen er å gi innsyn i hvilke faktorer som påvirker miljøprestasjonen til et biogassanlegg på Ørland og Frosta. Prosesskunnskap og effektiv drift er en del av dette, men vel så viktig er det å se anlegget sammen med de mulighetene som finnes for råvarer og sammensetning av produkter fra anlegget.

Det finnes etter hvert flere studier som presenterer systemvurdering av miljøkonsekvenser fra biogassproduksjon, også sammenlignet med andre energi- og drivstoffalternativer (Zah *et al.*, 2007, Thyø og Wenzel, 2007). Hovedkonklusjonene fra disse er at valg av råstoff og utnyttelse av eventuelle biprodukter er svært viktig for utfallet med hensyn på energieffektivitet og klimagassutslipp. Organiske avfallsmaterialer og husdyrgjødsel er generelt gode råvarer siden de utgjør en eksisterende kilde som ikke krever tilleggsproduksjon. Energivekster, for eksempel, krever i større eller mindre grad innsats av materialer og prosessering. Dette gjør husdyrgjødsel attraktivt også ut fra andre miljøhensyn enn energi og klimagassutslipp, som bruk av potensielt matproduserende landområder, spredning av plantevernmidler og luftutslipp av partikulært materiale, NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>.

Når en skal vurdere den samlede miljøprestasjonen til bioenergisystemer, er det nødvendig å se anlegget i et utvidet perspektiv med hensyn på råvarer og produkter (Zah *et al.*, 2007, Edwards *et al.*, 2007, Jungk 2000, Eriksson *et al.*, 2007, Berglund og Börjesson, 2006). Hovedproduktet er metangass, som kan brukes til varme, elkraft eller drivstoff. Anlegget vil også kunne erstatte et behandlingsanlegg for organisk avfall, fra husholdninger, slambehandling eller andre kilder. Utråtnet materiale, såkalt bioest, er en kilde til organiske materialer og næringsstoffer, som kan brukes til gjødsling, vekstmaterialer eller andre produkter. En vurdering av anleggets miljømessige prestasjon må sammenligne summen av de nevnte produktene med deres alternative fremstillingsmåte.

En viktig erstatningseffekt for husdyrgjødsel og klimagassutslipp er hvordan biogassproduksjonen påvirker N<sub>2</sub>O og metanutslipp ved spredning av stabilisert våtfraksjon etter fermentering, i motsetning til lagring og spredning av råmøkk om biogassanlegget ikke er aktivt. Biogassanlegget har også store muligheter for å øke næringsverdien i våtfraksjonen ved at det reduserer tap av NH<sub>3</sub> under lagring (Börjesson og Berglund, 2007). En kan dermed se et biogassanlegg som klimatiltak fra jordbrukets side, ikke bare som en kilde til alternativ energi.

### 2.2.1 Forutsetninger for miljøsystemvurdering

Vi gir her en kort beskrivelse av de viktigste forutsetningene for miljøregnskapet for biogassanlegget. En videre beskrivelse er gitt i Vedlegg N1 (oppsummerende powerpoint: Metoderapport) samt rapporten som er utarbeidet for direkteutslipp fra norsk landbruk (MiSA-rapport 10/2010; se Vedlegg N2). Detaljerte inventar for biogassanlegget er gitt i Vedlegg N3 (livsløpsinventar utarbeidet i prosjektet for begge lokalitetene).

Prosjektbeskrivelsen la til grunn at det i løpet av prosjekttiden skulle være et anlegg i drift på Ørland. Et slikt anlegg hadde gitt oss et verdifullt innblikk i sammenhenger mellom teori og praksis for miljøprestasjonen til et biogassanlegg. De fleste slike studier til nå har tatt utgangspunkt i teoretiske anlegg, eller faktiske anlegg med store innslag av teoretiske vurderinger. Vi er tvunget til å gjøre det samme, men ønsker i den grad det er mulig å ta utgangspunkt i forutsetningene slik de er på de aktuelle lokaliseringene på Ørland og Frosta.

### Ressurstilgang og biogassutbytte

- En beskrivelse av tilnærminger for å beregne mengder og sammensetning av ressurstilgang er gjort i arbeidspakke 1, se Vedlegg Q. Disse viser at det er stor variasjon i kilde-data og vanskelig å finne gode verdier, og resultatene vil nødvendigvis variere avhengig av grunnlaget som velges.
- Vi regnet her forventet biogassutbytte i henhold til maksimalt utbytte under optimale forhold, slik det antas i nasjonal rapportering for Norge til FN's klimapanel. Faktorene er summert i tabellene som følger.

**Tabell 1** Faktorer i beregning av gassutbytte (Kilde: Sandmo 2009)

Buskap	Husdyrgjødsel (tonn/år/dyr)	VS-innhold (vekt-%)	Metanutbytte (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /tonn VS)	Nitrogen (kg/år/dyr)
Melkeku	16.43	9.2	180	82
Annet storfé	10.95	9.0	210	29
Slaktegris	1.64	9.5	210	4.4
Avlsgris	3.29	9.5	210	18.3
Slaktekylling	0.03	19.4	250	0.053

**Tabell 2** Buskap og spredeareal for Ørland og Frosta

	Frosta	Ørland
<b>Buskap (dyr på bås)</b>		
Melkeku	954	4 647
Annet storfé	6641	1 322
Slaktegris	1484	306
Avlsgris	28300	18 958
Slaktekylling	269	1 787
<b>Jordbruksareal (da)</b>		
Korn og frøproduksjon	9969	17162
Gras og beite	4100	25969
Potet	4800	175
Frilandsgrønnsaker	2168	178
Økologisk areal		634

### Transportbehov

- 10 km transport med bil til biogassanlegg med henting ca hver 14 dag.
- Her antas et kjøretøy med ganske liten transportkapasitet, noe som illustrerer betydningen av god transportorganisering. Transport kan bety noe mer enn det som vises her ved lang avstand, men det anses mer sannsynlig at logistikken er bedre enn vist her ved bedret innsamling per runde og størrelse på transporttank.
- Betydningen av transport er også undersøkt ved å se på lengre avstander, dvs. 20 km og 40 km kjørelengder til anlegget.

### Energi- og driftseffektivitet

- Mesofil prosess, 20 dagers oppholdstid.
- Fullt utbytte av teoretisk gasspotensial.
- Oppsamling av gass fra lagring før og etter gjæring.

- Anlegget er modellert med god energiutnyttelse, gjenvinning av varme fra biorest
- Slam blir hygienisert (70 °C).
- Anlegget modelleres med en elkraftutnyttelse på 40 % og varmeutnyttelse på 48 % av samlet energiinnhold i biogassen som utnyttes.
- 1 % tap av metan fra anlegget. Gjennomsnittsverdier som brukes ellers er innenfor 1-15 % og vi antar dermed et godt styrt anlegg. Et dårlig anlegg vil ha tap mye mer, sannsynligvis over 5 % av samlet produksjon.
- Intern bruk av elkraft antas fra egen kraftproduksjon.
- Betydningen av intern elkraftforbruk er undersøkt i mer detalj der forbruket antas som 10, 20 eller 40 % høyere enn basisalternativet.

### Produkter fra anlegget

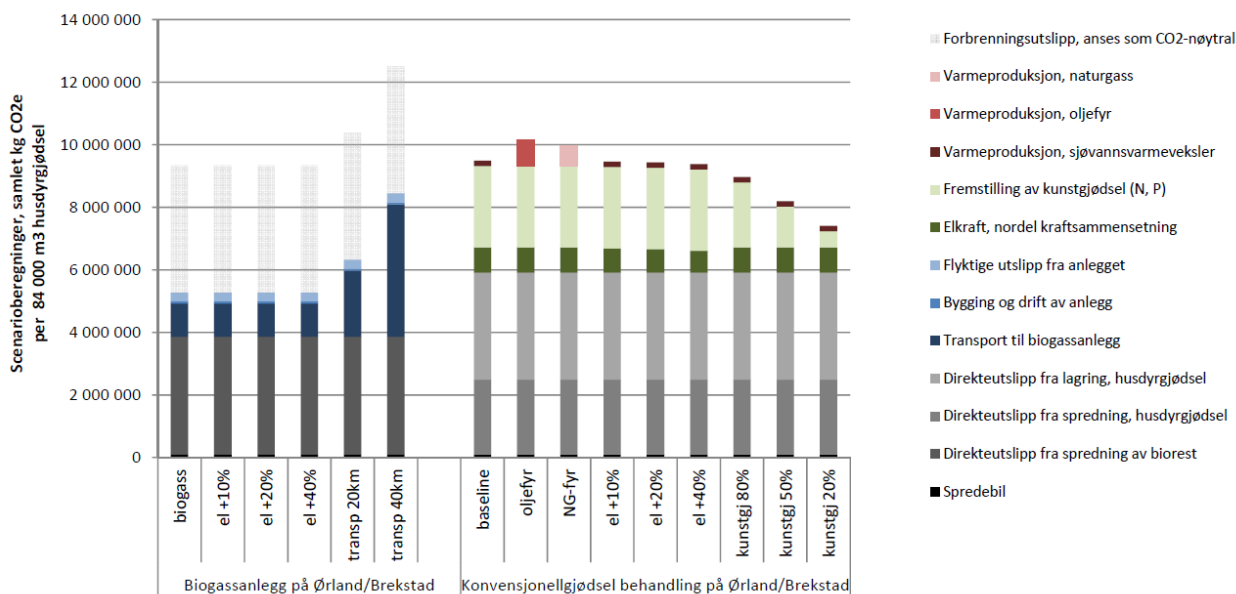
- Varme: Til erstatning for oljefyr på Frosta (som antatt for drivhus), og til erstatning for el-drevet varmeveksler (som installert på Ørland).
- Betydningen av erstatningseffekten er undersøkt i mer detalj ved å sette opp alternativer for begge anleggene; olje og naturgass på Brekstad, og naturgass på Frosta.
- Elektrisitet: Til erstatning for nordisk markedssammensetning i 2006.
- Gjødning: Til erstatning for standard kunstgjødning på N- og P-basis, beregnet fra gjødningseffekt for husdyrgjødning og kunstgjødning, medregnet at for husdyrgjødning så spres denne to ganger (vår- og høstspredning) og avrenning fra begge typer gjødning.
- Basisalternativet antar at all biorest erstatter kunstgjødning, både N og P.
- Betydningen av denne erstatningseffekten er undersøkt ved å sette opp alternativer med mindre erstatning, hhv til erstatning for 80, 50 og 20 % av kunstgjødning.
- CO<sub>2</sub> fra forbrenning av biogass: Til erstatning for CO<sub>2</sub> fra propangassbrenning på Frosta, som er dagens praksis. Dette er aktuelt på Frosta der det i dag finnes flere veksthus.
- Det finnes ikke mye erfaring med å bruke biogassen til slik CO<sub>2</sub>-produksjon. Anvendelsen vil sannsynligvis kreve rensing av avgassen fra forbrenningen før det mates inn i veksthuset, men vi ser ikke at dette vil ha særlig effekt på miljøregnskapet for slik anvendelse.
- Vi regner kun CO<sub>2</sub> som dannes ved forbrenning av metan i biogass, ikke CO<sub>2</sub> i biogassen selv om dette utgjør opp til 45 % av volumet av biogass fra reaktoren.

### Bedre gjødningshåndtering

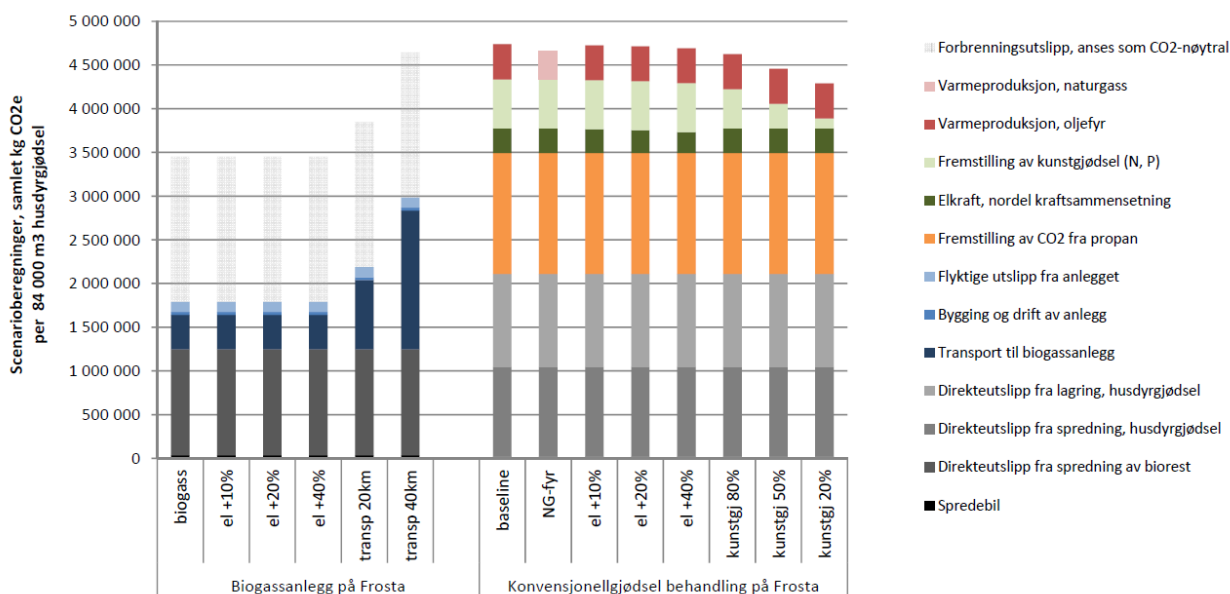
- Det er i dette prosjektet utarbeidet en rapport for beregning av utslipp fra landbruket, til bruk i livsløpsvurdering av matproduksjon og biogass for husdyrgjødning. Denne tar utgangspunkt i norsk utslippsrapportering til FNs klimapanel, og dekker nitrogenavrenning ved spredning, samt luftutslipp ved lagring og spredning av kunstgjødning og husdyrgjødning, inkludert metan, lystgass og ammoniakk.
- Andelsmessig utslipp av N<sub>2</sub>O ved spredning av husdyrgjødning og utrånnet biorest antas lik, men absoluttutslipp er noe større for bioresten siden netto innhold av N er større i denne. Til gjengjeld vil biogassanlegget fjerne det meste av gassutslipp fra lagring av gjødning.
- Effekten av bedre gjødningshåndtering er mindre i Norge enn i mange andre land som følge av kaldt klima. Dette har mye å si for konklusjonene slik de fremkommer i våre resultater.
- Utslipp av N<sub>2</sub>O fra lagring og håndtering av husdyrgjødning reduseres merkbart.

## 2.2.2 Klimaregnskap for biogassanlegget

Vi har vurdert biogassanlegg på begge lokalitetene, Frosta og Brekstad. Disse er forskjellig i forutsetninger med hensyn på råvaretilgang og avsetning på produkter, slik det er summert i forrige avsnitt og i kapittelet for arbeidspakke 1 og 3. Resultatene for klimagassregnskapet for anleggene er vist i figurene som følger, Figur 3 for Ørland og Figur 4 for Frosta.



**Figur 3** Klimaregnskap for biogassanlegg på Brekstad/Ørland. Merk at vi regner utslipp fra forbrenningen som CO<sub>2</sub>-nøytral. De er likevel tegnet med her for å illustrere størrelsen.



**Figur 4** Klimaregnskap for biogassanlegg på Frosta. Merk at vi regner utslipp fra forbrenningen som CO<sub>2</sub>-nøytral. De er likevel tegnet med her for å illustrere størrelsen.

Figurene summerer standardberegningen for anlegget (standard) sammenlignet med basisalternativet (baseline), og ulike antagelser for anlegget for transportavstand (20 og 40 km), for intern elektrisitetsbruk (økning på 10, 20 og 40 %), og for erstatningseffekt fra biorest mot kunst-

gjødsel (80, 50, og 20 %). Det er også lagt til tilleggsvurderinger for hvilken varmekilde anlegget erstatter (oljefyr, varme fra naturgass).

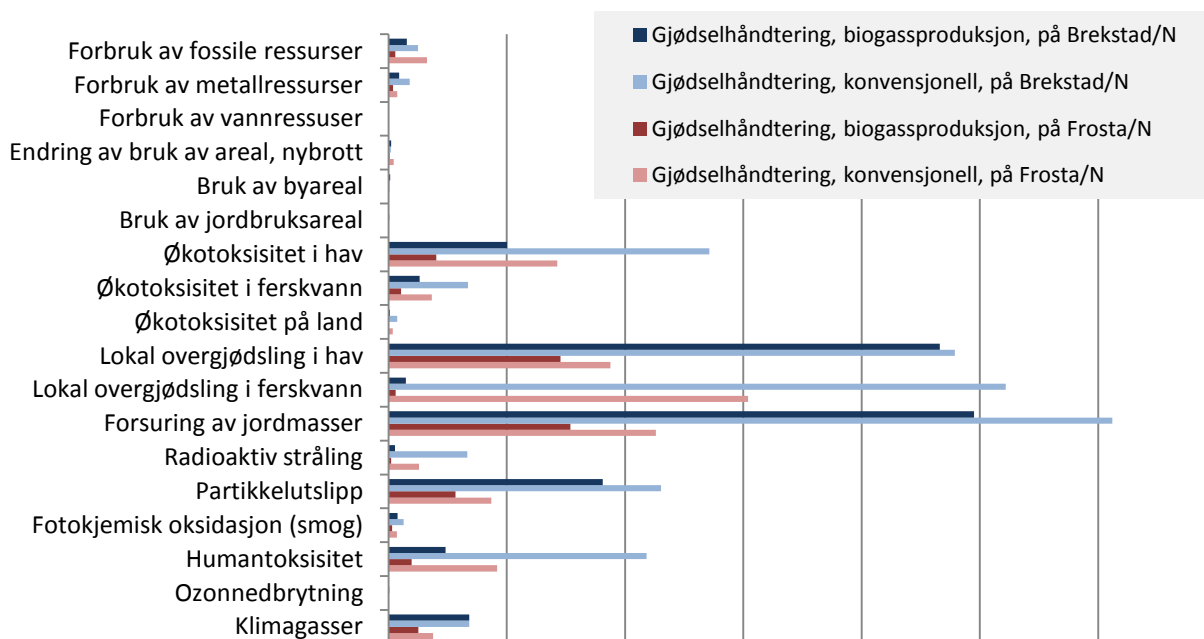
Kort summert er hovedkonklusjonene som følger:

- Biogass representerer et godt klimatiltak for landbruket.
- Direkteutslipp fra håndtering og spredning betyr mye, både for biorest og opprinnelig husdyrgjødsel. Biogassanlegget representerer en vesentlig forbedring i så måte, der omtrent en tredel av klimagassutslippene fra gjødselhåndtering kan tas bort om husdyrgjødsel sendes til et biogassanlegg, i hovedsak gjennom mer kontrollert og kortere lagringstid.
- Resultatene viser at selv om biogassanlegget reduserer klimagassutslippene fra gjødselhåndtering, så er det rom for mye forbedring ved å bruke spredeløsninger som reduserer ammoniakk- og lystgassavdamping.
- Transport av husdyrgjødsel er en viktig del av prosessbidraget for et biogassanlegg. Basisvurderingen som gjøres her er med et lite kjøretøy og relativ kort kjørelengde. Det er derfor viktig å tenke på logistikken når en optimaliserer anlegget. Det er i løpet av prosjektiden foreslått å erstatte kjøring med pumping, noe som kan bedre prestasjonen.
- Alle produktene fra et biogassanlegg bidrar positivt til klimaregnskapet. Dette viser at det er viktig å se anlegget sammen med de lokale forholdene som bestemmer avsetningspotensialet for de ulike produktene (varme, elkraft, CO<sub>2</sub>, gjødsel), og undersøke muligheter for nye produkter (for eksempel vekstmedium).
- Råvaretilgangen for husdyrgjødsel på Frosta inneholder mer gjødsel fra gris og fjærkre, som har et større gasspotensial per volum råvare. Dette vises også i resultatene.
- Det vises ikke i resultatene her, men det ble i løpet av prosjektiden undersøkt ulike modeller for beregning av gasspotensial og kilder til beskrivelse av egenskaper til husdyrgjødsel. Det finnes etter hvert også en ganske stor litteratur som beskriver utslipp av ammoniakk, lystgass og metan fra prosesstrinn for konvensjonell gjødselhåndtering og bruk av husdyrgjødsel til biogassproduksjon. Konklusjonen fra dette arbeidet er at det er svært vanskelig å finne verdier som er konsistente og entydige. Det er oftest nødvendig å sette sammen ulike faktorer fra forskjellige kilder, det vil si at det er store problemer med intern konsistens i tallgrunnlaget. Slik konsistens er nødvendig for å få en rettfærdig sammenligning av situasjonen uten et anlegg (baseline) og med et anlegg i drift.
- De tidlige beregningene som ble gjort i prosjektet benyttet kildedata fra ulike studier, ofte for anlegg i Danmark og Tyskland. Gode studier for disse landene er gjort av Møller (2003) for Danmark og Amon (2002) for Tyskland. Disse viste vesentlig bedre klimaeffekt av et biogassanlegg enn det som er lagt til grunn her. Forskjellen skyldes i hovedsak klimatiske forhold. Et kaldt klima gir mindre dannelse av metan fra lagring av husdyrgjødsel, noe som gjør at den relative fordelene med et biogassanlegg blir mindre. Dette er et viktig poeng når en setter konklusjoner fra studier i andre land i en norsk sammenheng.

### 2.2.3 Miljøeffekter utenom klima

Så langt har vi diskutert klimagassutslipp og holdt andre typer miljøpåvirkning utenom. Det er viktig og interessant å se om konklusjonene som er gjort holder også for andre typer miljøpåvirkninger. Dette kan for eksempel undersøkes ved å se hvilke som er uforholdsmessig mye påvirket, slik det er summert i Figur 5.





**Figur 5** *Relativ betydning av ulike typer miljøpåvirkning fra gjødselhåndtering på Ørland/Brekstad og Frosta, med konvensjonell behandling og for biogassanlegg (normaliserte resultater, globale utslipp).*

Resultatene viser at overgjødsling, forsuring og partikkelutslipp er uforholdsmessig mye påvirket, mens klimagasser ikke er øverst på lista. Ytterligere undersøkelser med bruk av andre metoder for å måle miljøpåvirkning, det vil si ReCiPe endepunktmetode og EPS2000, indikerer begge to at mye av miljøkonsekvensene ut fra et skadeperspektiv likevel er knyttet til bruk av fossile drivstoff, gjennom klimagassutslipp, forbruk av fossile ressurser og utslipp av partikler fra forbrenningen.

Alle disse tilleggsvurderingene støtter den konklusjonen at biogass fra husdyrgjødsel på de to lokalitetene som undersøkes her er et godt miljøtiltak. Mye av miljøeffekten er forbundet med erstatning av fossile ressurser, ikke bare direkte ved at den tilbys varme og elkraft, men også i det at biogassanlegget tilbyr produkter som ellers må produseres med fossil energi.

#### 2.2.4 Erstatning av kunstgjødsling og gjødselbehov

Resultatene summert over antar at all biorest fra anlegget erstatter kunstgjødsling. Beregningene teller med forskjeller i gjødseffekt for husdyrgjødsel og kunstgjødsling, og mindre gjødseffekt ved høstspredning av husdyrgjødsel. Det kan diskuteres i hvor stor grad biorest vil erstatte kunstgjødsling, og forskyvningen er sannsynligvis mindre enn det som vises her. Likevel, resultatene understreker gjødselverdien i bioresten, og viser at god planlegging vil øke prestasjonen til et biogassanlegg. Erstatningseffekten kan økes ved, for eksempel, å legge til rette for lagring av stabilisert biorest og slik få mer spredning i vekstfasen.

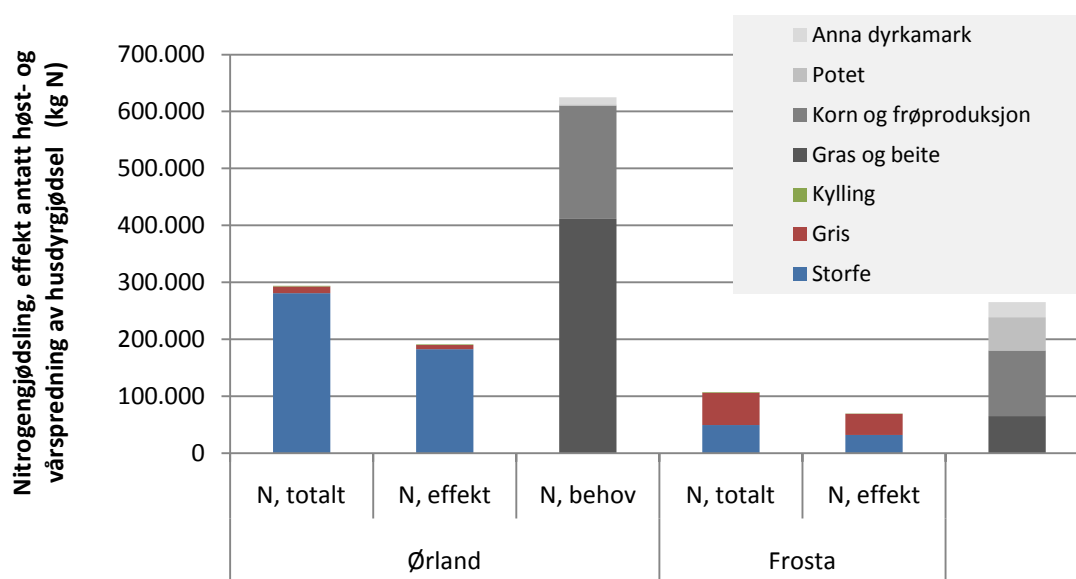
Biogassanlegget vil også øke sannsynlighet for erstatning om bioresten blir varmebehandlet, noe som antas i anlegget som modelleres her. Da vil det også være lettere å få avsetning for husdyrgjødsel på areal utenfor egen gård. For å vise hva dette betyr kan vi se på gjødseiltgang og spredeareal for de to områdene Ørland og Frosta. Dette er vist i Figur 6, som gir totalinnhold og

gjødseleffekt av nitrogen i husdyrgjødsel i de to kommunene, sammenlignet med gjødselbehovet estimert fra landbruksareal og arealbruk.

Figuren illustrerer at i begge områdene er nitrogengjødselbehovet større enn tilgangen gjennom husdyrgjødsel. Det skal dermed være mulig å finne lokale spredeareal for biorest. På Ørland tilsvarer husdyrgjødsel fra storfe et potensial noe mindre enn det samlede behovet til gras og eng. På Frosta ser vi det samme for storfe, men vi ser også at husdyrgjødsel fra gris i så måte bør være et verdifullt tilskudd. Gjødselavsetning bør finnes på areal til korn- og frøproduksjon, og til potetland på Frosta.

Vi kan videre undersøke den tilsvarende situasjonen for fosfatinholdet i husdyrgjødsel, slik det er summert i Figur 7. Gitt nasjonal gjødslingsnorm, er P-tilgangen på Ørland samlet ganske lik behovet, men det er et overskudd av husdyrgjødsel gitt spredning kun på gras og eng. Dette bildet er enda mer tydelig på Frosta, der P-innholdet i stor grad stammer fra grisejødsel, og samlet tilgang tilsvarer summen av behov til gras/eng, korn og potetland. Bruk av husdyrgjødsel til disse områdene vil ganske sikkert erstatte bruk av P-holdig kunstgjødsel.

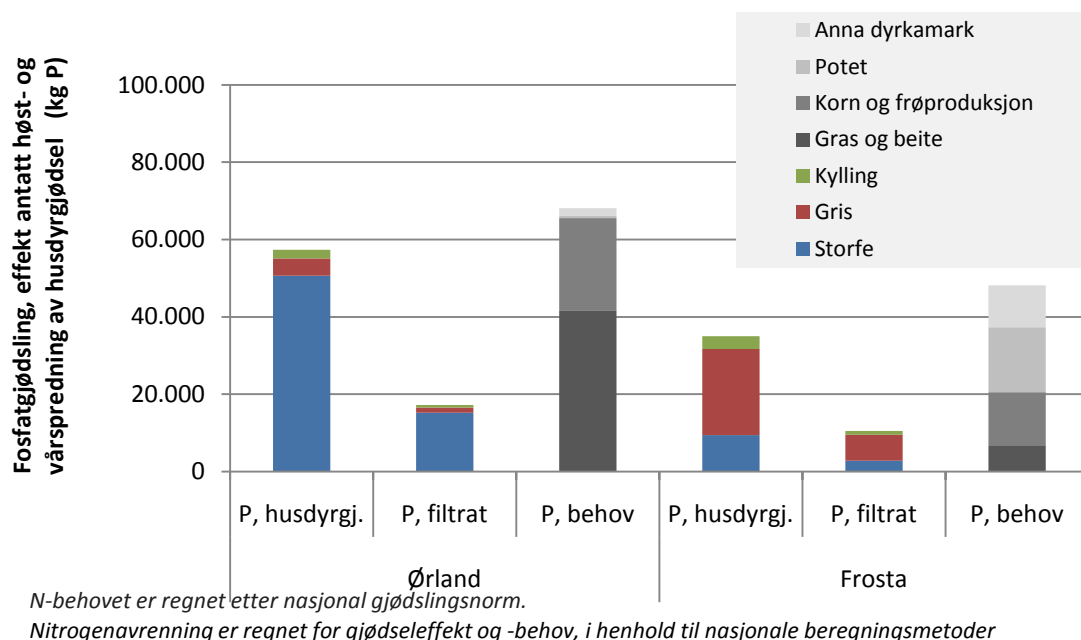
Det er ellers kommet frem i prosjektet at avsetning på husdyrgjødsel anses som et lokalt problem på Frosta på grunn av høyt P-innhold i jorda. En effektiv måte å fjerne P fra husdyrgjødsel, eller biorest etter biogassreaktor på, er ved separering av fast og flytende fraksjon. Dette kan gjøres ved å bruke en skrueseparator eller sentrifuge. Best effekt oppnås med sentrifuge, som skiller fast og flytende slik at rundt 20 % av nitrogen og 70 % av P går til den faste fraksjonen med høyt tørrstoffinnhold. Det gjenværende filtrat kan så spres som normalt, og den faste fraksjonen kan enklere lagres og eventuelt transporteres til avsetning i Frosta eller utenfor kommunen. Energibruk til separering er relativt liten i forhold til ellers elkraftbruk i biogassanlegget, ca 0,17 kWh per tonn biorest. Dette er regnet med i samlet energibruk i anleggene som vurderes her.



N-behovet er regnet etter nasjonal gjødslingsnorm.

Nitrogenavrenning er regnet for gjødseleffekt og -behov, i henhold til nasjonale beregningsmetoder

**Figur 6** Nitrogengjødsling, totalinnhold og gjødseleffekt av tilgjengelig husdyrgjødsel sammenlignet med tilsvarende kunstgjødselbehov.



**Figur 7** Fosfatgjødsling, P-innhold og gjødseleffekt av tilgjengelig husdyrgjødsel sammenlignet med tilsvarende kunstgjødselbehov.

### 2.2.5 Slutninger fra miljøsystemvurderingen

- Frosta har større gasspotensial per volum råvare, på grunn av grise- og hønsegjødsel. Dette betyr en del for anleggseffekten, både for gassutbytte og for unngåtte utslipp ved bedre gjødselbehandling. Fra dette kan en trekke to ulike slutninger, med relevans mot to forskjellige publikum:
  - Områder med hovedsakelig storfe bør søke å øke gassutbytte ved å blande inn avfallsstoffer med høyere næringsinnhold (organisk og N). Et høy N-innhold vil imidlertid kunne ha konsekvenser for drift og prosesskontroll.
  - Områder med stor tilgang på grise- og hønsegjødsel kan være godt egnet for biogassproduksjon, dog med de begrensninger som er nevnt over for prosesskontroll.
- Vi har funnet at de direkte utslippene fra gjødselbehandlingen er mindre i Norge enn det som er oppgitt for mange andre land, hovedsakelig grunnet kaldt klima. Vår vurdering er gjort ut fra tall mest mulig tilpasset norske forhold og brukt i nasjonal klimarapportering. Dette gjør at resultatene ikke nødvendigvis støtter konklusjoner fra andre studier som er basert på tall fra danske eller tyske forhold.
- Resultatene peker på at klimaprestasjonen til gjødselbehandling ikke er gitt av anlegget alene, men er et resultat av tiltak på gården, gode transportløsninger og god praksis i et anlegg.
- Utnyttelse av produktene fra anlegget er bestemmende for prestasjonen. Frosta og Ørland har ulike forutsetninger i så måte, og dette gjenspeiles i resultatene. På Frosta er det avsetning for varme, elkraft og CO<sub>2</sub> til drivhus. Situasjonen på Ørland er noe annerledes, i og med at det allerede finnes effektive varmeløsninger og ikke noe behov for CO<sub>2</sub>. Disse forskjellene vises i resultatene.
- Resultatene viser at biogassanlegg er et godt miljøtiltak, men særlig klimaeffekten varierer med forutsetningene som benyttes for avsetning av produktene. Det betyr at det er viktig å plassere anlegget i et lokalt nettverk for sikker og god utnyttelse av produktene fra et biogassanlegg. Resultatene viser betydningen av samhandling for å oppnå god miljøeffekt av et biogassanlegg.

## 2.3 WP3 Biomobilisering

Hensikten med WP3 Biomobilisering har vært å se på hvordan forholdene kan legges til rette for biogass som en innovasjonsprosess i lokalsamfunn som Ørland og Frosta. Utgangspunktet for de to case-kommunene er på flere måter ulikt. Et viktig skille går på historikk. Mens aktører på Ørland har holdt på med biogass siden tidlig på 1990-tallet, er biogass et nytt prosjekt som det er gjort lite med på Frosta. Frosta ble med som case i prosjektet fordi det i utgangspunktet skulle være gode forutsetninger for biogassproduksjon og fordi det burde være gode muligheter for erfaringsoverføring mellom Ørland og Frosta.

Forskningsblikket på de to casene har derfor vært ulikt. Mens vi i analysen av Ørland har sett bakover i tid på hva som er *blitt gjort* for at Ørland har fått til det de har på biogass, har vi i analysen av Frosta sett på hva som *kan og bør gjøres* for å få til en levekraftig satsing på biogass. Følgelig er analysen av Ørland sentrert rundt historikken i prosjektet og kritiske hendelser og nøkkelaktører. Analysen av Frosta er knyttet til hvor Frostasamfunnet ser for seg å gå i de kommende årene, hva de lokale forutsetningene for å få til en slik utvikling er og hvordan en biogassatsing passer inn i visjoner og strategier for ønsket Frostaidentitet.

Siden de to casene er blitt analysert etter hverandre i tid - Ørland i 2009 og Frosta i 2010 – er det Frosta som hovedsakelig har nytt godt av å kunne sammenlignes med Ørland som case. Enkelte funn ved Ørland-caset er likevel blitt tydeligere i arbeidet med analysen av Frosta, blant annet Ørlandmiljøets evne til å skape et strategisk handlingsrom for biogass på tross av manglende utsikter til bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

### 2.3.1 Ørland

Beskrivelsen av biogassatsingen på Ørland er hovedsakelig hentet fra et kapittel i rapporten *Biogass. Kunnskapsstatus og forskningsbehov* (Sørheim *et al.*, 2010: 39-42).

#### Om Ørland

Primærnæringer (jordbruk, skogbruk og fiske) utgjør 35 % av næringsvirksomheten i Ørland kommune. Landbruket står for mellom 50 og 70 % av klimagassutslippene i kommunen. Til sammenligning utgjør primærnæringene 18 % av næringsvirksomheten på nasjonalt nivå, mens landbruket her står for 9 % av klimagassutslippet<sup>10</sup>. At tiltak for å redusere kommunens klimagassutslipp rettes mot landbrukssektoren er således rimelig.

En sentralt biogassanlegg lokalisert på Ørland vil være basert hovedsakelig på husdyrgjødsel levert av bønder i fabrikkens nærområde. Analyser gjennomført av konsulentselskapet ECgroup på oppdrag for Ørland kommune viser at det er tilgjengelig 50.000 tonn gjødsel per år fra storfebesetninger i Ørland. Av dette kan en bioreaktor generere 1,4 millioner m<sup>3</sup> biogass per år med et energiinnhold på 7 GWh<sup>11</sup>.

ECgroups analyser tyder videre på at det er gode forutsetninger for etablering av en sentralisert biogassfabrikk på Ørland. ECgroup argumenterer med at: - Det er et tett landbruksmiljø med mye gjødsel på et lite område, - det er god tilgang på råmaterialer (husdyrgjødsel, biprodukter fra næringsmiddelindustri og matavfall fra storhusholdninger), - det er kunder som kan kjøpe varme,

<sup>10</sup> Tall hentet fra dokumentet "Energi- og miljøplan for Ørland kommune 2007-2010" og St.melding 39: *Klimautfordringen – landbruket en del av løsningen*, Landbruks og matdepartementet 2008-2009.

<sup>11</sup> "Biogass Ørland". Presentasjon av Ove Taranger Nesbø, ECgroup AS på *Biogass 09*, Fosen, 11. mai 2009.

gass og/eller strøm, - det er bønder og kunder som kan benytte bioresten, - det er en aktiv kommune og lokalt energiverk og - det er vilje og gjennomføringsevne.

Flere av informantene i intervjuundersøkelsen, både lokale aktører involvert i prosjektet og regionale aktører uten eierinteresser i prosjektet, bekrefter at det i lys av forutsetningene i Norge er spesielt godt grunnlag for et sentralisert biogassanlegg basert hovedsakelig på husdyrgjødsel på Ørland. Her blir nettopp det tette landbruksmiljøet med mye råmaterialer og korte avstander trukket frem som en styrke.

### Biogass på Ørland

Samtlige av de intervjuede knytter oppstarten av biogassatsingen på Ørland til Svein Lilleengens gründervirksomhet. Tidlig på 90-tallet satte han på eget initiativ opp et gårdsbasert biogassanlegg basert på husdyrgjødsel. Etter hvert som Lilleengen utviklet egen kompetanse på temaet, begynte han å jobbe med å få i gang en mer omfattende biogassatsing på Ørland, der han mente det var svært gode forutsetninger for et sentralisert biogassanlegg basert på husdyrgjødsel.

Lilleengens gründervirksomhet ble senere koblet med Fosen Næringsshages arbeid med næringsutvikling, og spesielt Næringshagens arbeid med Energi- og miljøplan for kommunen på andre halvdel av 2000-tallet. Gjennom Fosen Næringsshages systematiske arbeid med biogassprosjektet og Lilleengens entusiasme tas det stadig flere initiativ, og et økende antall aktører kobles til prosjektet. Dette skaper stadig mer moment i biogassatsingen. Fosen Næringshage beskriver 2005 som oppstartåret for dette målrettede arbeidet. Fra da av bruker også Næringshagen bærekraftig utvikling som en referanseramme for sitt arbeid. I 2006 oppretter en kontakt med tyske konsulenter på biogass, og biogassprosjektet presenteres og selges inn til FoU-aktører som Bioforsk og SINTEF, Fylkeskommunen i Sør-Trøndelag, lokalt og regionalt bondelag og det lokale kraftselskapet Fosenkraft. Skisser over prosjektet blir også lagt frem for Landbruksdepartementet og Enova, og Fosen Næringshage får prosjektledelsen for arbeidet med Energi- og miljøplan for kommunen.

I 2007 arrangeres studietur til Tyskland for sentrale interessenter, arbeidet med å organisere bøndene som råvareleverandører og deleiere av fabrikken igangsettes, og Energi- og miljøplan for kommunen ferdigstilles – et arbeid som kommunen samme år mottar Fylkesmannens miljøpris for. I 2008 avsluttes ECgroups forstudie på oppdrag av Fosenkraft, og et forskningsprosjekt med NTNU, SINTEF og FoU-selskapet MiSA bevilges midler fra Norges forskningsråd.

I 2009 legges Stortingsmelding 39 frem, og mål for den nasjonale satsingen på biogass skisseres. Bøndene som skal levere råvarer til anlegget konstituerer seg ytterligere, og samvirket Biogass Fosen SA med 58 medlemmer blir etablert. De fremtidige eierne av biogassanlegg (Biogass Fosen SA og Fosenkraft AS) konstituerer seg gjennom etableringen av selskapet Agro Energi AS, og Fosen Næringshage arrangerer nasjonal konferanse om biogass på Ørland. Senere samme år mottar Ørland kommune i samarbeid med tre andre trøndelagskommuner økonomisk støtte fra Statens Landbruksforvaltning til et prosjekt på logistikkutfordringer ved sentrale biogassanlegg. Det blir søkt Enova om investeringsstøtte til biogassfabrikk – noe en får avslag på og oppfordring om å søke på nytt tidlig i 2010, og nøkkelaktører i biogassatsingen gjennomfører et møte med landbruksministeren om prosjektet tett opp mot årsskiftet.

Ved utgangen av 2009 foreligger det planer om å søke Enova om investeringsstøtte på nytt. Logistikkprosjektet og forskningsprosjektet i regi av SINTEF/MiSA/NTNU går sin gang. En

jobber videre for å påvirke de økonomiske rammevilkårene for biogass, og en har store forventninger til hvilke virkemidler regjeringen vil bruke for å realisere målsettingene skissert i Stortingsmelding 39.

### Kritiske faktorer for biogassatsingen

#### *Er prosjektet en suksess?*

På Ørland har det blitt jobbet systematisk med etablering av sentralisert biogassanlegg over flere år. Suksesskriterium nr. 1 for de involverte aktørene er etablering av en ferdig og velfungerende biogassfabrikk. Blant lokale interessenter som er intervjuet er det de som gir uttrykk for utålmodighet og skepsis til at en ennå ikke er kommet i gang med byggingen av fabrikk, mens andre, både lokale interessenter og regionale aktører som ikke er direkte involvert i prosjektet, argumenterer for at dette er trege prosesser som involverer et komplekst nettverk av aktører og beslutningstakere, og at en i lys av dette er kommet langt. Flere argumenterer også for at det meste er på plass lokalt for å realisere biogassfabrikken. Grunnen til at fabrikkene ikke er bygd ligger på sentralt hold og i manglende politisk vilje og evne til å satse på fornybar energi. Uavhengig av om en definerer biogassprosjektet på Ørland som en suksess eller ei, så er det mye å lære om etablering av sentralisert biogassanlegg fra arbeidet gjort på Ørland.

#### *Nøkkelaktører*

Biogassatsingen utgjør etter hvert et komplekst nettverk av aktører som har ulike roller i prosjektet. Samtidig er det også en kjerne i dette nettverket bestående av nøkkelaktører som prøver å koordinere de ulike aktørene og drive prosjektet fremover. Her er det ulike roller som har vært kritiske for prosjektet:

- Gründeren: Svein Lilleengens langsiktige arbeid med å få til en tyngre biogassatsing på Ørland er helt sentralt for det en har fått til så langt. Med sin erfaring med eget gårdsbasert biogassanlegg og omfattende foredragsvirksomhet, er han blitt en nasjonal kapasitet på praktisk tilrettelegging for biogassproduksjon, og således en unik ressurs for biogassatsingen på Ørland.
- Tilretteleggeren: Fosen Næringshage er den som har koordinert prosjektet de siste årene. Næringshagens eierskap har gitt biogassprosjektet tilgang til Næringshagens nettverk, ressursbase og systematikk. Koblingen til Næringshagen og dens arbeid med Energi- og miljøplan for kommunen har også sikret at biogassatsingen er sett i lys av kommunens øvrige energisatsing.
- Lokale eiere: Prosjektet har etter hvert fått lokale eiere. Fosenkraft er det lokale energiselskapet som leverer elektrisk kraft og som eier og drifter el. nettet. Bøndene som råvareleverandører til anlegget og mottakere av biorest har organisert seg i samvirket Biogass Fosen SA, der det er til sammen 58 andelshavere. Fosenkraft og Biogass Fosen SA har etablert selskapet Agro Energi AS som skal eie biogassfabrikken.
- Den eksterne pådriveren: Konsulentselskapet ECgroup har sett prosjektet utenfra og i lys av lignende prosjekt, og kommet med innspill på bestilling.
- Den utålmodige kapitalisten: I den grad det er roller som mangler er en av dem den utålmodige kapitalisten som tvinger prosjektet fremover. Forklaringen på denne aktørens fravær er manglende utsikter til profitt ut fra det som er dagens rammevilkår for biogassproduksjon.

### *Kritiske hendelser*

De intervjuede trekker frem flere hendelser som kritiske for at prosjektet er kommet så langt som det er i dag:

- Tålmodig entusiasme: Lilleengens initiativ og tålmodige entusiasme representerer såkornet og kontinuiteten i prosjektet.
- Energi- og miljøplan: Energi- og miljøplanen og ikke minst prosessen frem til ferdig plan er beskrevet som sentral og viktig for biogassatsingen. Planen er med på å gi biogassatsingen legitimitet og relaterer prosjektet til kommunens overordnede energispørsmål. Det at planen mottok Fylkesmannens miljøpris er med på å gi den ytterligere tyngde og autoritet.
- Biomobilisering: Flere informanter sier de var overrasket over oppslutningen for prosjektet blant bøndene. Initiativtakerne blant bøndene gir uttrykk for at de forventet langt mindre interesse for prosjektet enn det de 58 medlemmene i samvirket tilsier.
- Storkundeusikkerhet: Flyplassen på Ørland og Forsvaret er definert som en fremtidig storkunde for en biogassfabrikk. Flyplassen er Ørlands største arbeidsplass, og med sine varme- og energi-behov og beliggenheten i forhold til en fremtidig biogassfabrikk er den en sentral faktor i forhold til biogassatsingen. Usikkerhet rundt spørsmålet om Ørland får status som fremtidig hovedflyplass har gjort at Forsvaret ikke har villet inngå avtaler på kjøp av varme og energi. Manglende avklaring på kundesiden har vært en faktor som har hemmet realisering av biogassfabrikk så langt.
- Økonomiske støtteordninger: Prosjektet har etter hvert mottatt økonomisk støtte fra diverse aktører, noe som har vært med på å drive det fremover. Eksempler her er midler fra Innovasjon Norge til forstudier, innvilgelse av midler til forskningsprosjekt fra Norges forskningsråd og støtte til logistikkprosjekt fra Statens landbruksforvaltning.
- Stemningsbølge: Prosjektet har også nydt godt av det stadig økende fokuset på problemene knyttet til bruken av fossil energi i samfunnet.

### *Lokalt eierskap*

Biogassprosjektet har vært et lokalt initiativ. Prosjektet har også hatt lokalt eierskap gjennom at lokale politikere har engasjert seg og stimulert det lokale energiselskapet til å komme på banen og inn på eiersiden, og gjennom bøndenes entusiasme for prosjektet. Mange understreker viktigheten av at lokale krefter står bak og er engasjerte i prosjektet.

### *Medieprofil*

På tross av at det ikke er satt opp fabrikk og det heller ikke er tatt avgjørelse om bygging, har biogassprosjektet på Ørland fått stor medieoppmerksomhet. Oppslagene har vært overveiende positive og knyttet til utviklingen i prosjektet, den nasjonale biogasskonferansen som Nærings- hagen var ansvarlig for og ikke minst Svein Lilleengen som er biogassatsingens ansikt utad. Medieomtalen har vært med på å skape entusiasme, spesielt lokalt, men også utenfor Ørland. Flere informanter argumenterer for at i lys av all den positive omtalen og regjeringens offensive holdning om at 30 prosent av husdyrgjødsel skal gå til biogassproduksjon innen 2020, er det vanskelig å se for seg at en ikke skal få til et biogassanlegg på Ørland.

### *Profileringsgevinst*

Biogassatsingen har gitt flere av de involverte aktørene positiv profilering. For Ørland som kommune og Næringshagen er dette knyttet til stedsutvikling og lokal identitet. For eierne, Fosenkraft og bondesamvirket (Biogass Fosen SA), handler prosjektet om å fremstå som innovative og i front.

### *Forskningens rolle*

Flere aktører er tydelige på at koblingen til etablerte forskningsinstitusjoner er med på å gi prosjektet legitimitet og autoritet. Forskningsmiljøene er således sett på som en av mange aktører som er med på å gi prosjektet drahjelp.

På slutten av 2010 har eierne bak biogassatsingen på Ørland fått innvilget ni millioner kroner i støtte til biogassfabrikk fra Enova. utfordringer det spesielt jobbes med nå er finansiering av driften av neste fase, finansiering av det resterende beløpet til bygging av fabrikk, tekniske spørsmål knyttet til bruk av fiskeavfall som råvare sammen med husdyrgjødsel, og avklaringer på kundesida.

## 2.3.2 Frosta

### Om Frosta

Frosta er ei landbruksbygd med rundt 2.500 innbyggere. De største næringene i kommunen er tradisjonelt landbruk og veksthusvirksomheter. Disse næringene består av tradisjonell åkerdrift, husdyrhold og grønnsaksproduksjon. Frosta er gjerne beskrevet som Trondheims kjøkkenhage. Dette er knyttet til at Frosta historisk sett har vært storleverandør av grønnsaker og jordbruksprodukt til Trondheim takket være godt jordsmonn, gode klimatiske forhold for grønnsaksproduksjon og god beliggenhet på en halvøy i Trondheimsfjorden en times kjøretur nord for Trondheim. Landbruket står for omlag 60 % av Frostas samlede klimagassutslipp. Veksthusnæringen står for rundt 50 % av det stasjonære energiforbruket i kommunen<sup>12</sup>.

Gjennomgang av flere kommunale dokument<sup>13</sup> viser at det er stor vilje til å tenke visjonært om hvor Frostasamfunnet ønsker å bevege seg de kommende årene. Tenkningen tar utgangspunkt i at stedsidentiteten er og har vært knyttet til at Frosta er ei typisk landbruksbygd, der jordbruk og gartnerivirksomhet er de dominerende næringene. I visjonen for Frostasamfunnet skal landbruksrettet virksomhet spisses og utvikles videre - man skal med andre ord bygge videre på det man har vært og den man er. Forestillingene om at Frosta er, har vært og skal være først og fremst ei landbruksbygd med de implikasjonene det har blant annet for næringsutvikling, bekreftes også i intervjuene.

I Energi- og klimaplan for kommunen knyttes kommunens visjon eller slagord, *Frosta først og fremst*, til *Energieffektiv verdiskaping*. Her argumenteres det for at både tradisjonelt landbruk og drivhusnæringen på Frosta må posisjonere seg i forhold til et marked som vil bli mer opptatt av hvilke miljø-, energi- og klimagassavtrykk landbruksprodukter representerer. At Frosta i et fremtidig marked på landbruksprodukt må posisjonere seg på energi- og klimaeffektiv virksomhet, er rimelig. Drivhusnæring under norske klimatiske forhold er med dagens teknologi og løsninger både energikrevende og klimagassgenererende. Representanter for næringen bekrefter også i intervju at langt mer energieffektiv produksjon er nødvendig om dagens virksomheter skal

<sup>12</sup> Tall hentet fra *Energi- og klimaplan Frosta kommune 2008-2018* (vedtatt i kommunestyret 17.06.08, sak 58/08)

<sup>13</sup> Se appendiks for mer om metode og fremgangsmåte.



eksistere om ti år. Også landbruket vil måtte forholde seg til effektiviserings- og innovasjonsforventninger. Dette handler blant annet om reduksjon av klimagassutslipp og produktivitetsforbedringer som følge av befolkningsøkning og endrede produksjonsforhold på grunn av klimaendringer.

I *Kommuneplanens samfunnsdel* kobles visjonen ”Vi skaper en historisk framtid” til Frosta som et sted med lang historikk (blant annet Frostatinget). Her konkretiseres visjonen med at Frosta skal være en attraktiv kommune i vekst. I den ytterligere operasjonaliseringen av attraktivitet og vekst er dette koblet til befolkningsutvikling. Her slås det fast at befolkningsveksten for Frosta skal ligge over gjennomsnittet for regionen frem mot 2020<sup>14</sup>. I arbeidet frem mot Kommuneplanen, i ”Frostaprojektet”<sup>15</sup>, sies det eksplisitt at ”Frosta skal i 2020 være en av Trøndelags mest attraktive bostedskommuner, og innen 2020 ha 3.000 innbyggere” (mot rett i underkant av 2.500 i dag).

I visjonene sier en altså at Frosta skal fremstå som en fremtidsrettet og ledende landbruksbygd som fanger signalene om hvordan en bygd skal se ut for å være attraktiv for sine nåværende og fremtidige innbyggere. Et slikt tydelig signal er behovet for energieffektiv verdiskaping.

I ”Frostaprojektet” gjør også aktørene en egenanalyse av Frosta og næringslivet på Frosta. Her kommer det frem at næringslivet på Frosta er sårbart av flere grunner; det er et ensidig næringsliv, det er mange små aktører, det er lite samhandling mellom aktørene, og nettverkene kan bli bedre enn i dag. Samtidig understrekes det at det er stor omstillings- og satsingsevne på Frosta. Til slutt er en også bekymret for tilgangen på energi på Frostahalvøya (manglende alternativ om linjenettet faller ut).

Dette inntrykket bekreftes også av intervjuene. Mange av drivhusvirksomhetene er hardt presset, blant annet på grunn av høye strømpriser i vinterhalvåret, og har problemer med å gå inn på investeringer, for eksempel på ENØK, som har lønnsomhet først på noe tidshorisont. Også mange av de som driver innenfor tradisjonelt landbruk har små marginer.

Landbruket er en sektor som historisk sett har vært preget av selvstendighetskultur og stor autonomi blant de ulike aktørene. Dette kan delvis forklare mangelen på samhandling mellom aktørene og få nettverk av bedrifter på Frosta. Spesielt innenfor drivhusvirksomheten er det flere som ser et stort potensial i mer klyngetenkning og samarbeid. Men samtidig som mange snakker om en sterk selvstendighetskultur på Frosta, er det også flere eksempel på at man kan samarbeide og løfte i flokk når det er behov for det. Produsentpakkeriet og vassverk blir brukt som eksempel på en slik kollektiv evne.

Flere av de intervjuede sier også at en er opptatt av det praktiske og jordnære på Frosta. Bønder er opptatt av praktiske løsninger på praktiske problemer. Enkelte gir for eksempel uttrykk for at et vellykket forskningsprosjekt handler om at forskerne greier å komme opp med klare svar på praktiske problemstillinger.

---

<sup>14</sup> *Kommuneplanens samfunnsdel 2009 – 2010*, Frosta Kommune (vedtatt av Kommunestyret Sak 50/09, 6.10.2009)

<sup>15</sup> <http://www.frosta.kommune.no/frostaprojektet.4502715-109923.html>

### Biogass på Frosta

Det skulle i utgangspunktet kunne være gode forutsetninger for biogassproduksjon på Frosta. Det er god tilgang på råvarer fra landbruksnæringen og veksthusvirksomhetene, det er høy konsentrasjon av gårder og ikke veldig komplisert logistikk, og det er overskudd av husdyrgjødsel og lagringsproblem. Det er videre lokale brukere av sluttproduktene fra en biogassfabrikk i form av drivhusnæringen som trenger både varme, elektrisitet og CO<sub>2</sub>, samt bønder som kan nyttiggjøre seg av bioresten. Frosta har i så måte mange likheter med Ørland, men på brukersiden - spesielt med drivhusnæringens behov - kan forutsetningene for biogassproduksjon og -utnyttelse være bedre på Frosta enn på Ørland.

Biogass har for øvrig en helt annen historikk på Frosta enn på Ørland. Temaet er ikke jobbet med systematisk og i lang tid som på Ørland, men har kommet opp ved enkelte anledninger. I *Energi- og klimaplan for Frosta*, som ble vedtatt sommeren 2008, er biogass redegjort for som ett av flere mulige initiativ for å redusere kommunens energiforbruk og klimagassutslipp. Biogass har også vært diskutert i regi av Norsvin og Forsøksringen vinteren 2009, som en mulig løsning på behovet for å håndtere husdyrgjødsel på Frosta på en mer effektiv måte<sup>16</sup>. Frosta kom med i forskningsprosjektet fordi det var behov for et skygge-case til Ørland. Arnt-Ivar Kverndal som er både styreleder for Frosta Utvikling og leder for utviklingselskapet Gode sammen, som er et samarbeid mellom kommunene Bjugn og Ørland, var den som så muligheten for å ha med Frosta i prosjektet.

I motsetning til Ørland kom altså Frosta med i forskningsprosjektet uten at en bred gruppe lokale aktører hadde jobbet for å få det til. Forskningsprosjektet og hvilke funn som blir gjort her vil således spille en viktig rolle for hvilken skjebne biogass får videre på Frosta. Også for Ørland er forskningsprosjektet viktig for prosessen videre, men her er forskningsprosjektet ett av mange ulike initiativ og innspill som setter premissene for biogassatsingene videre.

### Hva kan hemme en biogassatsing?

#### *Presset næringsliv*

Mangelen på store bedrifter med evne til langsiktighet og tålmodighet i utviklingsarbeidet kan hemme en biogassatsing på Frosta. På Ørland har Fosenkrafts evne og vilje til å jobbe tålmodig med biogassatsingen vært sentral. Faren for et næringsliv på Frosta som er beskrevet med stikkord som ensidig, små aktører og kortsiktighet er at en lett kjører seg fast i spørsmål av typen "Gjør vi tingene rett" (enkelkrets læring), og at en ikke evner å se seg selv utenfra og stille spørsmål av typen "Gjør vi de rette tingene?" (dobbelkrets læring). Enkelkrets læring er ofte et resultat av at aktører ikke klarer heve seg over de daglige gjøremålene og tenke "utenfor boksen" innimellom.

#### *Overopptatthet av det praktiske og jordnære*

Handlingsorientering og opptattheten av det jordnære og praktiske som kjennetegner næringslivet på Frosta kan også være en trussel mot en biogassatsing. Som det fremgår av denne rapporten og arbeidet utført på Ørland så langt, er en større biogassatsing et komplekst prosjekt med stor grad av usikkerhet og behov for konseptuell tenking og tålmodighet.

---

<sup>16</sup> Artikkel i avisa *Frostingen* 12.02.09 (<http://frostingen.no/nyhet.cfm?nyhetid=917>)

### *Selvstendighetskultur*

En biogassatsing vil kreve stor grad av samarbeid, gjerne på tvers av tidligere skillelinjer og mellom aktører som ikke nødvendigvis har hatt mye med hverandre å gjøre. Manglende tradisjoner for klynger og nettverkstenking på Frosta kan være en trussel for å få til et slikt komplekst samarbeid.

### *Kollektiv passivitet*

Flere av de intervjuede gir uttrykk for at det ikke vil bli gjort noe på biogass på Frosta før myndighetene har lagt til rette for bedriftsøkonomisk lønnsom biogassproduksjon i Norge. Mye kan imidlertid gjøres for å posisjonere Frosta til et fremtidig regime, der biogassproduksjon er bedriftsøkonomisk lønnsomt i Norge. De aktørene som har gjort et forarbeid er også de som sannsynligvis først vil nyte godt av en statlig virkemiddelpakke på biogass.

### Hva kan fremme en biogassatsing?

#### *Biogass bygger oppunder ønsket identitet*

En biogassatsing kan være med på å bevege Frosta nærmere visjonen om hvem Frosta skal være. Gitt at en biogassatsing bedrer Frostas klima- og energifotavtrykk, vil en slik satsing bidra til *Energieffektiv verdiskaping*, noe som er en av visjonene til Frostasamfunnet. Det at Frosta er tidlig ute med en biogassatsing kan også profilere Frosta som en ledende landbruksbygd, noe som igjen kan bidra til å skape den attraktiviteten en søker. Forutsetninger for at biogass skal kunne bygge oppunder ønsket identitet for Frosta, er at denne koblingen synliggjøres, og at ønsket identitet og visjoner for Frosta har kollektiv tilslutning.

#### *Biogass som positive overskridelser*

Ethvert samfunn og enhver organisasjon er avhengig av noen sterke symbol og hendelser som binder medlemmene av enheten sammen. På Frosta kan en biogassatsing bli en slik positiv overskridelse som hever folk over gamle skillelinjer og konflikter. Tidligere eksempel på slike positive overskridelser som viser at Frosta er i stand til å løfte i flokk er Produsentpakkeriet og vassverk.

#### *Utnytte aktørenes styrke*

På Frosta er det både praktisk handlingskompetanse og evne til å tenke visjonært og konseptuelt. Et biogassprosjekt vil kreve begge deler. Utfordringene her blir å sette sammen aktører som innehar disse formene for kompetanse, få de til å fungere sammen og å være bevisst i hvilke faser de ulike typene kompetanse er viktige.

#### *En biogassatsing kan styrke båndene til kunnskapsmiljøene i Trondheim*

Frostas ambisjoner om å være en ledende landbruksbygd det kommende tiåret med de innovasjonskrav som landbruket og drivhusnæringen står overfor, vil kreve koblinger mot FoU-miljø. En biogassatsing kan være et prosjekt som lager en slik kobling med FoU-miljøene i Trondheim. Her er det allerede opprettet gode koblinger, og forutsetningene for videre samarbeid skulle være på plass.

### **2.3.3 Avrunding**

Ørland og Frosta er ulike som case ved at Ørland har historikk på biogass, mens Frosta har gjort lite på temaet. Følgelig har analysen av de to kommunene handlet om hva Ørland har gjort og hva Frosta kan gjøre. Lærdommen Frosta og andre kommuner som ønsker å satse på biogass bør ta

med seg fra det som er gjort på Ørland, er at på tross av manglende samsvar mellom myndighetenes ambisiøse målsetting om økning i biogassproduksjonen i Norge og økonomiske rammevilkår, så kan potensielle biogassprodusenter få til mye på egen hånd.

Ørland har lyktes i å skape mye aktivitet og stor oppmerksomhet rundt sin biogassatsing. Dette har de gjort ved å satse egne utviklingsmidler på biogassatsingen, og ikke minst ved å søke om utviklingsmidler der det har vært mulig å få midler fra. Aktivitet har således generert aktivitet og ført biogassatsingen inn i en positiv utviklingsspiral. Ørland har dermed skapt sitt eget strategiske handlingsrom på biogass, på tross av manglende ytre rammevilkår.

De aktørene som har gjort mest på biogass når myndighetenes virkemiddelpakke for biogass eventuelt dukker opp, som Ørland og kanskje etter hvert Frosta, vil også være de som først får økonomisk støtte og igangsatt prosjekter.

### 3 REFERANSER

- Agstar Handbook, 2. utg. 2007. Internett: [http://counties.cce.cornell.edu/Wyoming/agriculture/-programs/-anaerobic\\_digestion/files/AgSTAR\\_Handbook.pdf](http://counties.cce.cornell.edu/Wyoming/agriculture/-programs/-anaerobic_digestion/files/AgSTAR_Handbook.pdf)
- Ahring, B.K. 2003. Perspectives for anaerobic digestion. *Adv. Biochem. Engineer./Biotechnol.* 81: 1-30
- Amon B (ed.), 2002: Methane, nitrous oxide and ammonia emissions from management of liquid manures. Universität für Bodenkultur, Institut für Land-, Umwelt und Energietechnik.
- Berglund M, Börjesson P (2006): Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. *Biomass and Bioenergy* 30:254-266
- Börjesson P, Berglund P (2007): Environmental systems analysis of biogas systems – Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. *Biomass and Bioenergy* 31: 326-344
- Cederberg C, Stadig M (2003): System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *Internation Journal of LCA* 8(6): 350-356
- Edwards R, Larivé J-F, Mahieu V, Rouveiolles P (2007): *Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*. European Commission Joint Research Centre, EUCAR and CONCAWE joint report v. 2c. TTW, WTT and WTW available from: <http://ies.jrc.ec.europa.eu/wtw.html>
- Eriksson O, Finnveden G, Ekvall T, Björklund (2007): Life cycle assessment of fuels for district heating: a comparison of waste incineration, biomass- and natural gas combustion. *Energy Policy* 35: 1346-1362
- Grøntvedt, H., Wollan, H., Nestaas, E. og Langvik, M. 2010. *Bioenergi fra biprodukt av laks*. RUBIN rap. 4519. Tilgjengelig på: [http://www.rubin.no/files/documents/4519-194\\_biogass\\_forprosjekt\\_til\\_web.pdf](http://www.rubin.no/files/documents/4519-194_biogass_forprosjekt_til_web.pdf)
- Jungk NC (Ed.) (2000): *Bioenergy for Europe: Which fits best? – A comparative analysis for the community*. IFEU Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg, Heidelberg Germany.
- Lilleengen, S. 2009. *Biogass. Miljøvennlig. Sikker. Lønnsom*. Tapir Forlag, Trondheim.
- Møller, Henrik B. (2003): Methane productivity and nutrient recovery from manure. PhD-avhandling ved Danish Institute of Agricultural Sciences, Technical University of Denmark.
- Nielsen, P.H. 2004. *Heat and power production from pig manure*. Fra LCA Food Database (<http://www.lca-food.dk>), direkte adresse: <http://www.lcafood.dk/processes/energyconversion/heatandpowerfrommanure.htm>
- Nielsen, B. 2007. European and Danish biogas experience. *Adv. Pork Prod.* 18: 237-243
- Sandmo, T. (ed.), 2009: *The Norwegian emission inventory 2009. Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants*. Statistics Norway, Oslo, Norway.
- Schnürer, A., og Jarvis, Å. 2009. *Mikrobiologisk handbok för biogasanläggningar*. Avfall Sverige Utveckling og Svensk Gastekniskt Center AB. ISSN 1103-4092.
- Sørheim, R., Briseid, T., Haraldsen, T.K., Linjordet, R. (Bioforsk), Wittgens, B., Hagen, Ø., Josefsen, K. (SINTEF), Horn, S.J., Morken, J., Hanssen, J.F., Lunnan, A. (Universitetet for miljø- og biovitenskap), Berglann, H., og K. Krokann (NILF) (2010). *Biogass. Kunnskapsstatus og forskningsbehov*. Ås: Bioforsk Rapport 5, 16 (ISBN-nr.: 978-82-17-00612-1).
- Thyø KA, Wenzel H (2007): *Life cycle assessment of biogas from maize silage and from manure – for transport and for heat and power production under displacement of natural gas based heat works and marginal electricity in northern Germany*. Institute for Product Development, Technical University of Denmark
- Uellendahl, H., Mladenovska, Z., Ahring, B.K. og Langvad, N. 2006. *Wet oxidation pre-treatment – the way to improve economics of energy production from manure?* 12th RAMIRAN International Conference. Technology for recycling of manure and organic residues in a whole-farm perspective. Århus, Danmark 11-13.9.2006. Internett: <http://www.manure.dk/ramiran/O-12%20Uellendahl.pdf>
- Weiland, P. 2010. Biogas production: current state and perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 85: 849-860
- Zah R, Böni H, Gauch M, Hischier R, Lehmann M & Wäger P (2007): *Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen*. Empa, Abteilung Technologie und Gesellschaft, St. Gallen, Switzerland ([www.empa.ch/ts](http://www.empa.ch/ts)).

## Appendiks

- A. Prosjektbeskrivelse
- B. Innspill til Ørlandmiljøets møte med Landbruksminister Lars Peder Brekk des. 2009
- C. Dialogseminar på Ørland 25. februar 2010
- D. Innlegg på seminar i Norges forskningsråd 28. jan. 2010
- E. Kronikk Adresseavisen 10.04.2010
- F. Kronikk Stavanger Aftenblad 26.05.2010
- G. Kronikk Nationen 07.06.2010
- H. Avisartikkel i Frostingen 28.10.10
- I. Avslutningsseminar på Frosta 12. november 2010
- J. Avisartikkel II i Frostingen 18. november 2010
- K. Avisartikkel i Adresseavisen 9.12.10
- L. Artikkel i Gemini februarutgaven 2011 (utkast)
- M. Sammendrag fra Anna Synnøve Ødegaards Røstads Masteroppgave våren 2009
- N. Grunnlagsmateriale for miljøsystemvurderingen (WP2)
- O. Sammendrag fra Christine Hung fordypningsemne høsten 2009
- P. Prosjektrapport for sommerprosjekt 2009 (Christine Hung, MiSA AS)
- Q. Prosesskunnskap: Biogass fra husdyrgjødsel og andre landbruksbaserte avfallsprodukter på Frosta – potensial og økonomi
- R. Metodedokumentasjon WP3: Biomobilisering