

Udnyttelse af tang og restprodukter til produktion af biogas

FASE 1





November, 2010

Forfattere:

- Anders M. Fredenslund (Solrød Kommune)
- Einar Gudmundsson (Rambøll)
- Henrik B. Møller (Århus Universitet)
- Klaus Fafner (Rambøll)
- Kurt Hjort-Gregersen (Københavns Universitet)
- Lotte Lodberg Kjær (Solrød Kommune)
- Poul H. Madsen (Grønt Center)
- Steen Danielsen (Solrød Kommune)
- Thomas Budde Christensen (Roskilde Universitet)
- Tyge Kjær (Roskilde Universitet)

Redaktion: Anders M. Fredenslund

Layout: DesignKonsortiet

ISBN: 978-87-87949-01-9

Solrød Kommune

Teknisk Administration

Solrød Center 1

2680 Solrød Strand

Telefon: 56 18 20 00

E-mail: teknisk@solrod.dk

Denne udgivelse er tilgængelig på www.solrod.dk

Sammenfatning

I forbindelse med implementering af Solrød Kommunes Varmeplan 2008-2021 samt Klimaplan for Solrød Kommune 2010-2025, er der undersøgt mulighed for opførelse af et biogasanlæg. Opførelse af et biogasanlæg vil potentielt medvirke til en betydelig reduktion af drivhusgasemissioner, da biogas er et CO₂-neutralt brændsel.

Relevante råmaterialer til et biogasanlæg er undersøgt i forhold til blandt andet mængder, kemisk sammensætning og gasproduktion. De væsentligste relevante materialer er fundet at være: restprodukter fra pektin og carrageenan produktion fra virksomheden CPKelco beliggende i den nordlige del af Køge Kommune, tang fra strandrensning i Køge Bugt (også kaldet fedtemøg) samt husdyrgødning fra svin og kvæg.

Den største del af materialet tilført anlægget vil være restprodukt fra pektin produktion på CPKelco (77.000 tons / år). Pektin produceres med citrusskaller som råmateriale, og restprodukterne består næsten udelukkende af organisk, biologisk nedbrydeligt materiale. Mængden af tang er også betydelig (22.200 til 41.800 tons / år), men vil variere fra år til år, og vil efter frasortering af sand være reduceret betydeligt. Inden for ca. 15 km til anlægget er det opgjort, at der produceres ca. 70.000 tons gylle fra svin og kvæg ud fra oplysninger om besætningsstørrelser.

Karakterisering af tang før, under og efter indsamling med de nuværende anvendte metoder viste, at en stor del af den indsamlede mængde var sand, hvilket tyder på at en forbehandling før udrådning i et biogasanlæg er hensigtsmæssig. I prøver udtaget af indsamlet materiale med de nuværende anvendte indsamlingsmetoder sås det, at mellem 60 og 90 % af tørstoffet var sand. Kemiske analyser af tang viste også, at tangen indeholder en del næringsstoffer, hvilke vil tilføre værdi til anvendelse af restprodukter fra biogasproduktionen til jordforbedring.

Indsamlingen af tang skal tilgodeses en række hensyn, hvilket vanskeliggøres af at tangmaterialet forekommer

i forskellig form og på forskellige tidspunkter, samt er afhængig af det aktuelle vejr. Det kræver et flerstrengt system med en række forskellige maskintyper. Den nuværende anvendte indsamlingsmetode i Solrød Kommune, hvor tang opsamles med en rendegraver påmonteret med en sirive vurderes som velegnet. Det er også bekræftet af andre undersøgelser. Løst materiale på stranden er sammenrevet med en stor høvender, og de nævnte materialer er indsamlet med en strandrenser. Dette, samt bunker af ålegræs, der først forekommer i løbet af efteråret kan gå til biogasproduktion, det meste dog kun efter foregående sortering i tromlesigte og vask af materialet ved biogasanlægget. En omkostningsanalyse af dette system viser en årlig omkostning for indsamling i Solrød, Greve og Køge kommuner på i alt ca. 3 mio. kr. til indsamling, forbehandling og transport af materialet. Der er peget på optimeringsmuligheder i systemet, primært ved brug af maskiner med større kapacitet.

Biogasproduktionen er ud fra målinger af gasdannelse for de forskellige materialer vurderet til at være mellem 5,4 mio. og 6,3 mio. m³ metan årligt ud fra et konservativt skøn på at 75 % af metanpotentialet udnyttes. 3,7 mio. m³ metan vil årligt dannes fra pektin restprodukt, hvorfor denne fraktion er særdeles værdifuld for biogasanlægget. Dette skyldes den store tilgængelige mængde af dette materiale, samt et højt indhold af omsætteligt organisk stof. Pektin restprodukt er ikke velegnet til at anvendes alene, da materialet har en lav pH. Derfor er tilsætning af gylle m.m. nødvendigt for at opretholde en passende surhedsgrad i anlægget, hvor metandannende mikroorganismer vil trives.

Placering af biogasanlæg er underlagt en række restriktioner, hvilke begrænser mulige placeringer i Solrød Kommune. Der anbefales i rapporten to placeringsmuligheder for et biogasanlæg. Den ene placering er sydøst for Jersie by i Solrød Kommune, hvortil der er gode vejforbindelser og nærhed til VEKS' fjernvarme forsyningsnet. Denne beliggenhed overholder 500 m begrænsningen til bymæssig bebyggelse. Den anden

placering, der foreslås, er umiddelbart syd for CPKelco i Køge Kommune, der er optimal i forhold til at mindske transport til og fra anlægget, og vil muliggøre transport af restprodukter fra CPKelco med fx transportbånd.

Grundet planlagt byudvidelse i Køge Kommune sydøst for CPKelco, vil 500 m begrænsningen ikke kunne overholdes i fremtiden, hvilket vil stille øgede krav til især lugtbegrænsning fra biogasanlægget.

Der behandles tre afsætningsmuligheder for den producerede biogas i rapporten: salg til naturgasnettet, salg til CPKelco og opførelse af et kraftvarmeanlæg med salg til VEKS, der blandt andre leverer fjernvarme til Solrød Kommune. Den teknisk mest enkle løsning er salg til CPKelco, idet denne virksomhed kan aftage al produceret biogas. Som afgiftstrukturen er i dag, vil prisen på den producerede biogas i givet fald skulle konkurrere med en relativt lav pris på naturgas til denne virksomhed.

Med udgangspunkt i undersøgelsen af tilgængeligt materiale til brug i biogasanlæg, samt forventet gasproduktion udregnet fra laboratorieundersøgelser af gasdannelsen for de forskellige materialer, peges der på tre alternativer i forhold til anlægskonceptet. I de to første alternativer, placeres biogasanlægget ved CPKelco, og den producerede gas sælges enten til CPKelco (alternativ A) eller opgraderes til naturgaskvalitet, og sælges til naturgasnettet (alternativ B). I det

tredje alternativ, scenarie C, placeres biogasanlægget i den sydlige del af Solrød Kommune, mens gassen udnyttes i et kraftvarmeanlæg tilknyttet anlægget, og indtægten ved dette scenarie vil bestå af salg af el til elnettet og salg af varme til fjernvarmenet. De tre scenarier er undersøgt i forhold til anlægs- og driftsøkonomi, samt miljøeffekter.

Opførelse af et biogasanlæg vil være økonomisk fordelagtigt. Med de nuværende energipriser vil simpel tilbagebetalingstid for de tre alternativer i forhold til anlægskoncepter være mellem 6,4 og 7,9 år.

Anlægskoncepterne, hvor gas sælges til CPKelco eller naturgasnettet har højst årligt resultat, mens alternativet, hvor der sælges el og varme er mest robust i forhold til prisændringer, da el fra biogas sælges til fast pris. Følsomhedsanalyser viser, at konceptet er robust i forhold til evt. højere anlægsudgifter eller lavere energipriser. Energistyrelsen vurderer, at energipriser må forventes at stige betydeligt over de næste år. Bliver dette en realitet, vil driftsøkonomien for biogasanlægget forbedres tilsvarende.

For analysen i forhold til anlæggets lønsomhed bør det tages i betragtning, at biomassegrundlaget samt forventet gasproduktion er opgjort konservativt. Hvis der opnås kontrakter på større biomassegrundlag vil økonomien blive tilsvarende bedre fordi basisomkostningerne er de samme for et større anlæg.



For at sikre investeringen i biogasanlægget bedst muligt over en årrække er det vigtigt at råvaregrundlaget (biomassen) er sikret, og at afsætningen af enten gas eller kraftvarme ligeledes er sikret. Dette kan gøres ved at indgå bindende aftaler om levering af biomasse og aftagelse af gas eller kraftvarme over en tidsperiode, der ses i sammenhæng med den forventede tilbagebetalingstid for investeringen.

En yderligere fremtidssikring af investeringen kan ske ved at inddrage interessenterne i biogasanlægget direkte i ejerkredsen. Dette har flere fordele: Direkte økonomisk interesse, spredning af risikoen, mindre økonomisk investering for den enkelte og endelig sikring af fokus på optimering af daglig drift. For at afdække mulighederne for en bredere ejerkreds er der udarbejdet et juridisk responsum, der peger i retning af selskabsdannelse enten i form af et A/S eller et ApS.

Vurdering af miljøforhold ved etablering af et biogasanlæg viser at dette vil medføre fire væsentlige miljøfordele: Reduktion af lugtgener og andre gener forbundet med tang på strandarealer, reduktion i udledning af drivhusgasser, forbedring af havmiljøet i Køge Bugt og udnyttelse af næringsstoffer i tang og restprodukter fra pektinproduktion til gødningsformål. Analyserne viser, at anlægget vil medføre en reduktion i drivhusgasudledninger på mellem ca. 25.000 og 40.000 tons CO₂ årligt, afhængigt af valgt anlægskoncept jf. de tre

alternativer beskrevet ovenfor. Dette skyldes dels en betydelig produktion af vedvarende energi, men også udnyttelse af restprodukter fra biogasanlægget som erstatning af kunstgødning og reduktion af metanudledning. Reduktionens størrelse kan ses i sammenhæng med, at der i Solrød Kommune i 2007 blev udledt ca. 133.000 tons CO₂ (Solrød Kommune, 2009). Omfanget af reduktionen afhænger af hvilken afsætning af produceret biogas der vil blive anvendt, samt placering og indretning af anlægget. Fjernelsen af tang fra Køge Bugt medfører en væsentlig værdi i forhold til nedbringer af næringsstofbelastningen. Kemiske analyser af tang og opgørelse af tangmængder viser, at alene ved fjernelse af tang i Greve, Solrød og Køge kommuner, vil medføre fjernelse af kvælstof på ca. 62 tons N årligt og fosfor på ca. 9 tons P årligt. I udkast til Vandmiljøplan for Køge Bugt, sættes der som målsætning reduktioner i udledning på hhv. 86,2 tons kvælstof og 5,9 tons fosfor årligt.

Den overordnede konklusion på forundersøgelsen er, at et biogasanlæg vil kunne etableres med tang, restprodukter fra CPKelco og husdyrgødning og have en sund økonomi, samt at der vil opnås væsentlige miljøfordele ved opførelsen af anlægget – både i forhold til klimaproblematikken, men også i forhold til forbedring af havmiljøet. Det anbefales derfor, at der foretages en forprojektering af et biogasanlæg, hvor det endelige anlægskoncept fastlægges.





Indholdsfortegnelse

1 Indledning	8
2 Biomassegrundlag	10
2.1 Opgørelsesmetoder	10
2.2 Mængder til rådighed	10
3 Indsamling og forbehandling af tang	15
3.1 Vurdering af tang til biogasproduktion	15
3.2 Indsamlings- og forbehandlingsmetoder	18
4 Kemiske sammensætninger og metanpotentialer	30
4.1 Sammensætning af biomasse	30
4.2 Metanpotentialer	31
5 Placeringsmuligheder	36
5.1 Arealbehov	36
5.2 Lokalisering – biomasseindsamling og energiforsyning	37
5.3 Placeringsrestriktioner	37
5.4 Mulige og egnede placeringer	39
6 Anlægskoncept	41
6.1 Konceptdefinition og konceptvurdering	41
6.2 Transport af råvarer	42
6.3 Anlægsbeskrivelse	43
7 Teknisk-økonomiske vurderinger	47
7.1 Anlægs- og driftsbudget	47
7.2 Økonomisk projektvurdering	48
8 Miljø og nyttiggørelse	51
8.1 Nyttiggørelse af restprodukter	51
8.2 Miljøvurdering	52
9 Socioøkonomi	60
10 Konklusion og oplæg til Fase 2	62
Referencer	64

1 Indledning

Som konsekvens af vedtagelsen af Solrød Kommunes Varmeplan 2008-2021 samt Klimaplan for Solrød Kommune 2010-2025 er der gennemført en undersøgelse af grundlag for at etablere et biogasanlæg, der kan levere CO₂ neutral, vedvarende energi. I undersøgelsen er der fokuseret på anvendelse af lokale materialer, der er velegnede til udrådning i et biogasanlæg. Et af de materialer er tang og ålegræs, der hvert år skyller op på stranden og danner en bræmme af brunt organisk materiale i strandkanten, såkaldt fedtemøg, der er uønsket. I denne rapport bruges ordet "tang" til at beskrive dette materiale.

Der er et stærkt ønske blandt Solrød Kommunes borgere og brugere af strandene om at få fjernet tangen fra strandene. Forekomsten af tang på strandene og i vandet kan være stærkt generende for badegæsterne, fordi opskyllede bunker af tang medfører gener ved badning og lugtgener, når bunkerne begynder at rådne. Dette problem deles af nabokommunerne, der ud over udfordringen med at rense stranden for tang, i lighed med Solrød skal betale for at skaffe sig af med mate-

rialet. Derfor er der i dette projekt undersøgt mulighed for anvendelse af tang fra Solrød, Greve og Køge kommuner. Repræsentanter fra kommunerne har deltaget i projektmøderne og sideløbende er der undersøgt mulighed for anvendelse af tang fra hele Køge Bugt.

Denne undersøgelse har ud over at undersøge mulighed for anvendelse af tang også undersøgt muligheder for at bruge organiske restprodukter fra den lokale industri samt husdyrgødning fra nærliggende landbrug. Virksomheden CPKelco beliggende i Ll. Skensved producerer store mængder organiske restprodukter fra virksomhedens produktion af pektin og carrageenan baseret på henholdsvis citrusskaller og tang. Disse restprodukter har været relevante at undersøge i forhold til egnethed som medie i et biogasanlæg.

Det overordnede mål med denne undersøgelse har været, at undersøge muligheden for etablering af et biogasanlæg baseret på disse materialer, hvor tilførslen af husdyrgødning i forhold til de fleste andre biogasanlæg vil være mindre set i forhold til biogasanlæggets



samlede kapacitet. Endvidere undersøges muligheden for at udnytte det udrådnede materiale som jordforbedringsmiddel, samt undersøge muligheder for rensning af materialet for især tungmetallet cadmium.

Endelig har målet med projektet været, så vidt muligt at opstille et realistisk anlægs- og driftsbudget for biogasanlægget, med henblik på at kunne fungere som beslutningsgrundlag for at vurdere muligheden for at realisere opførelsen af et biogasanlæg. Dette har gjort det centralt at udføre laboratorietests af de forskellige materialer for at kunne forudse produktionen af biogas, hvilket er styrende for anlæggets driftsøkonomi på indtægtssiden.

Der er i forbindelse med undersøgelser beskrevet i denne rapport konkluderet, at der er en økonomisk sund basis for at etablere et biogasanlæg baseret på de nævnte materialer, samt at opførelse af etablering af et biogasanlæg vil medføre betydelige miljøgevinster. I denne rapport er behandlet flere alternativer i forhold til afsætning af produceret biogas, tilførte

mængder af materialer med mere. Rapportens konklusion indeholder anbefalinger til det videre forløb i forhold til realisering af et biogasanlæg (Fase 2).

Projektet har forløbet i perioden 1. september 2009 til 31. december 2010 med deltagelse af Solrød Kommune (projektansvarlig), Køge Kommune, Greve Kommune, Rambøll, Roskilde Universitet, Københavns Universitet, Grønt Center, Forskningscenter Foulum og CPKelco. Projektet har været støttet (65 %) af Vækstforum Sjælland.



2 Biomassegrundlag

Af hensyn til, blandt andet, korrekt dimensionering af biogasanlægget, samt at kunne udregne forventet produktion af biogas, er mængder af tilgængelig biomasse egnet til udrådning i biogasanlæg inden for ca. 15 km til Solrød Kommune opgjort.

2.1 Opgørelsesmetoder

Biomassegrundlaget er opgjort ved brug af forskellige metoder for de forskellige fraktioner. Nedenstående tabel angiver metoder anvendt for indsamling af oplysninger for de forskellige fraktioner.

Opgørelse af tilgængelig husdyrgødning fra svin og kvæg er gjort på baggrund af informationer hentet fra Centralt Husdyrbrugs Register (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri). Fra dette register er hentet besætningsstørrelser for landbrug inden for en afstand til Solrød Kommune på ca. 15 km. Ud fra besætningernes størrelse, er mængden af husdyrgødning fra hvert landbrug estimeret på baggrund af standardtal for gyllemængder pr. dyr fra Dansk Landbrugsrådgivning (www.landbrugsinfo.dk). I opgørelsen er der

set bort fra landbrug med besætninger på 100 dyr eller færre.

2.2 Mængder til rådighed

Tang

Der er ikke fundet aktuelle opgørelser over mængder af tang i Køge Bugt. Det vurderes derfor, at det bedste grundlag for vurdering af tilgængelige mængder i Solrød Kommune og nabokommuner, er registrerede mængder behandlet i Solrød Kommune i 2009, hvor de indsamlede mængder på en 3,7 km strækning i 2009 er kendt (4.000 tons). Denne opgørelse bruges til at estimere tilgængelige mængder af tang i Greve og Køge kommuner, ved at antage en årlig tilgængelig mængde på $4.000 \text{ tons} / 3,7 \text{ km} = 1.081 \text{ tons pr. km strand}$.

I Tabel 2 listes estimater af tilgængeligt tang i Greve, Solrød og Køge kommuner, hvor naturreservatet Ølseagle Revle dog er listet for sig. For Greve Kommunes vedkommende antages det, at der kan indsamles tang langs hele kommunens kyststrækning –

Tabel 1. Oversigt over metoder til dataindsamling af mængder og sammensætning af de forskellige biomassefraktioner

Biomasse	Metode til dataindsamling
Tang	Korrespondance med lokale myndigheder og interessenter i hhv. Solrød, Greve og Køge kommuner
Restprodukter (CPKelco)	Interview af driftsansvarlig
Husdyrgødning	Kvæg, svin: Besætningsstørrelser er opgjort ud fra udtræk fra Centralt Husdyrbrugs Register (Fødevarestyrelsen). Der opgives kun landbrug med 100 dyr eller flere. Heste: Udtræk fra GeoEnviron
Grødeskær mm	Korrespondance med lokale myndigheder og interessenter – Stevn Kommune

7,8 km. I Solrød Kommune antages der i opgørelsen, at der kan indsamles tang fra kommunens nordlige grænse ved Trylleskoven til Østre Grænsevej hvor naturreservatet starter – 3,7 km (se eventuelt Figur 1). Det er muligt, at der ikke kan indsamles tang ved stranden i Ølsemagle Revle naturreservat grundet stedets status som vildtreservat. I Køge kommune antages der i opgørelsen, at der kan indsamles tang ved Nordstranden mellem naturreservatet og Køge Marina, samt stranden mellem Køge havn og kommunens sydgrænse: i alt 4,1 km.

Den samlede kystlængde af Køge Bugt, hvorfra der kan opsamles tang vurderes til at være 38,6 km. Ud fra samme beregningsmetode som angivet ovenfor, vurderes potentialet for hele Køge Bugt til at være ca. 42.000 ton / år. Denne mængde er opgjort ud fra opgørelser af opsamlet og behandlet materiale. Ved en forbehandling, hvor der fjernes sand fra indsamlet materiale, vil den tilførte mængde til biogasanlægget reduceres betydeligt. Sandindhold ved indsamling med nuværende metoder er undersøgt i forbindelse med dette projekt, og resultaterne er beskrevet i afsnit 3.

Generelt er tang der skylles op på Solrød Strand domineret af ålegræs, der er en blomsterplante der gror på havbunden, samt dunalger og vatalger. Dunalger (*Pilayella littoralis*) dominerer i starten af vækstsæsonen, mens vatalger (*Ectocarpus*) dominerer senere.



Figur 1. Kort visende længder af strande i Greve, Solrød og Køge kommuner opdelt pr. kommune samt naturreservatet Ølsemagle Revle - Staunings Ø

Ålegræs (*Zostera maritima*), der er en bundplante, skylles op i størst omfang i sensommeren og efteråret, blandt andet i forbindelse med kraftig blæst. Fordelingen af arter varierer derfor over året, hvor indholdet af ålegræs er højest i slutningen af vækstsæsonen.

Tabel 2. Estimerede årlige mængder af tang i Greve, Solrød og Køge kommuner

Område	Estimeret mængde af tang pr år (tons)
Greve Kommune	8.400
Solrød Kommune	4.000
Køge Kommune	4.400
Ølsemagle Revle-Staunings Ø naturreservat	5.400
I alt (naturreservat undtaget)	16.800
I alt (naturreservat medtaget)	22.200

Mængden af tang varierer dels over året og dels fra år til år. Tang opsamlet i vintermånederne har lejlighedsvis et indhold af cadmium, der overskrider grænseværdien på 0,8 mg / kg, hvis restproduktet for biogasproduktion skal kunne udsprede på marker.

Restprodukter og slam – CPKelco

På CPKelco produceres tre restprodukter der vurderes anvendelige til biogasproduktion: restprodukter fra pektinproduktion (baseret på citrusskaller), restprodukter fra carrageenan produktion (baseret på tang) og slam fra virksomhedens renseanlæg.

Der produceres årligt ca. 77.000 tons våd vægt af restprodukter fra pektinproduktion baseret på citrusskaller, hvoraf 67.000 tons er ved 15-20 % tørstof (TS), mens de resterende ca. 10.000 tons har et TS på ca. 10 %. Produktionen af carrageenan restprodukt baseret på importeret tang er ca. 7.500 tons (våd vægt) årligt, hvoraf 90 % er ved 25-32 % TS, mens de resterende 10 % har et TS på ca. 10. Tang restproduktet indeholder op til 3,5 mg/kg af tungmetallet Cadmium (Cd), men koncentrationen er varierende. Ca. 50 % af tangaffaldet indeholder <0,8 mg Cd / kg. Ca. 10.500 tons slam inkl. kalk (våd vægt) produceres årligt med tørstofindhold mellem 25-32 %. Slammet indeholder op til 2,0 mg Cd / kg.

For de tre restprodukters vedkommende gælder det, at

produktionen er konstant over året. Dog kan driftstop, på få dage varighed forekomme, medføre pause i produktionen.

Husdyrgødning

Fra Centralt Husdyrbrugsregister er indhentet oplysninger om besætningsstørrelser fra husdyrbrug i Solrød Kommune og omegn. I Tabel 3 listes antal dyr opdelt i postnumre indenfor en afstand på ca. 15 km af Solrød Kommune. Denne opdeling skyldes mulige søgekriterier i registret.

Af Tabel 3 ses det, at halvdelen af kvæg, der potentielt kan levere kvæggylle til biogasanlægget er i besættninger beliggende ved Lille Skensved i Køge Kommune. 60 % af antal svin i nærheden er fra besættninger i Borup omegn og Lille Skensved omegn. Ud fra antallet af kvæg og svin er estimeret gødningsmængder som beskrevet i afsnit 2.1. Der anslås at være hhv. 4.100 og 66.300 ton kvæg og svinegødning, der potentielt kan tilføres biogasanlægget, hvis maksimal transportlængde er 15 km. Såfremt det er ønskeligt at tilføre en større mængde gødning, må dette gøres fra områder udenfor 15 km afstand. I en opgørelse over svinegylle i Roskilde området udført 2010, konkluderedes det, at den samlede mængde svinegylle til rådighed i Roskilde området er ca. 175.000 ton årligt, hvorfor mulighed for yderligere tilførsel af gødning er god (Kjær, 2010).

Tabel 3. Antal husdyr på husdyrbrug med mere end 100 dyr i Solrød Kommune og omegn. Informationer er hentet fra Centralt Husdyrbrugs Register. Estimeret total produktion af kvæg og svineproduktion angives nederst i tabellen

Postnr.	By	Antal	Kvæg	Svin	Får	Fjerkræ	Mink
2670	Greve	0	0	0	0	0	0
2680	Solrød	1	0	1.900	0	0	0
2690	Karlsunde	0	0	0	0	0	0
4030	Tune	1	116	0	0	0	0
4600	Køge	4	0	0	3.208	22.500	0
4621	Gadstrup	4	141	1.885	0	0	3.500
4130	Viby Sjælland	2	0	3.699	0	0	0
4140	Borup	6	208	10.748	0	0	3.425
4320	Lejre	3	0	4.060	0	0	0
4623	Lille Skensved.	6	561	6.025	0	0	0
4622	Havdrup	1	0	0	0	0	1.200
Total		28	1.026	28.317	3.208	22.500	8.125
Kvæg og svinegødning (tons / år)			4.100	66.300			

I Solrød kommune er der 9 hestehold, med i alt 132 heste (56,3 dyreenheder). Regnes der med 20 m³ hestegødning pr. dyreenhed årligt, produceres der 1.100 m³ hestegødning årligt. Med 50 % af tid på stald vil der årligt potentielt være 440 tons hestegødning til rådighed på årsbasis.

Grødeskær

Ved Tryggevejle Å foregår grønnskæring to gange om året: juni/ juli og september/ oktober. Grøden opsamles ved en flydespærre inden udløbet til Køge Bugt og afdrænes i en dræncontainer. Dræncontaineren bortkøres efter behov. Mængde pr. år: ca. 75 – 100 ton. Grøden køres til et depot i Allerød. Indhold af grene og tagrør gør, at grønnskær skal findeles mekanisk før tilførsel til et biogasanlæg.

Opsummering af tilgængeligt biomasse

Nedenfor listes potentielt tilgængeligt biomasse fordelt på fraktioner:

Fra Tabel 4 ses det, at den største fraktion af tilgængeligt biomasse er restprodukter og slam fra CPKelco. Denne fraktion er samtidigt den, hvor der er størst sikkerhed vedrørende tilgængelige mængder.

Opgørelserne af tang er mere usikkert, idet datagrundlaget er behandlede mængder i Solrød Kommune i et år (produktion af tang kan variere fra år til år), hvilket

er brugt til skøn af mængder for henholdsvis Greve og Køge kommuner, samt for den øvrige del af Køge Bugt. En væsentlig fraktion er desuden husdyrgødning. Den faktiske tilgængelige biomasse fra denne fraktion er dog afhængig af, om der kan opnås aftaler med de enkelte landbrug.

Som grundlag for beregning af forventet gasproduktion og dimensionering af biogasanlægget vil der blive brugt to scenarier i forhold til biomassegrundlag:

Scenarie 1: Al tilgængelig biomasse anvendes

Scenarie 2: Der tilføres udelukkende tang fra Solrød, Greve og Køge kommuner. Der er en tilslutningsgrad for dyrebrug på 75 %. Der medtages ikke restfraktioner fra CPKelco, hvor indholdet af cadmium overskrider grænseværdier angivet i Slambekendtgørelsen (Miljøministeriet, 2003).

Tabel 4. Opsummering af biomassegrundlag fordelt i mængder pr. år for forskellige fraktioner samt total forventet biomassegrundlag

Fraktion	Mængde pr år (tons)	Bemærkninger
Tang, Solrød Kommune	4.000	Baseret på behandlet mængde i 2009
Tang, Køge Kommune	4.400	Skønnet ud fra behandlet mængde i Solrød
Tang, Greve Kommune	8.400	Skønnet ud fra behandlet mængde i Solrød
Tang, naturreservat	5.400	Skønnet ud fra behandlet mængde i Solrød
Tang, øvrige kommuner	19.600	Skønnet ud fra behandlet mængde i Solrød
Pektin restprodukt, CPKelco	77.000	
Carrageenan restprodukt, CPKelco	7.300	
Slam fra spildevands-rensning , CPKelco	10.300	
Gylle fra svineproduktion	66.300	Fra gårde inden for en afstand af ca. 15 km til Solrød, baseret på besætningsstørrelse og sammensætning registreret på Centralt Husdyrbrugsregister
Kvæggødning	4.100	Fra gårde inden for en afstand af ca. 15 km til Solrød, baseret på besætningsstørrelse og sammensætning registreret på Centralt Husdyrbrugsregister
Hestegødning	440	Hestehold i Solrød kommune
Grødeskær	85	Tryggevejle Å (Stevns Kommune)
Sum	207.325	



Konklusion

Undersøgelsen af tilgængeligt biomasse viser, at den største del af materialet tilført anlægget vil være restprodukt fra pektin produktion på CPKelco (77.000 tons / år). Den tilgængelige mængde forventes at stige over årene i takt med udvidelse af produktionen. Mængden af tang er også betydelig (22.200 til 41.800 tons / år), men forventes at variere fra år til år, og vil efter frasortering af sand være reduceret betydeligt. Inden for den

anvendte afstand på ca. 15 km til anlægget vurderes det, at der produceres ca. 70.000 tons gylle fra svin og kvæg ud fra oplysninger om besætningsstørrelser. En mere præcis opgørelse af tilgængeligt husdyrgødning vil kunne gøres ved at kontakte de enkelte landbrug, og indhente oplysninger om deres produktion af husdyrgødning. En nærmere undersøgelse af dette anbefales for at kvalitetssikre datagrundlaget.

Tabel 5. Oversigt over biomasse tilført til biogasanlægget opgjort som to scenarier

Fraktion	Scenarie 1: Mængde pr år (tons)	Scenarie 2: Mængde pr år (tons)
Tang	41.800	22.200
Pektin restprodukt, CPKelco	77.000	77.000
Carrageenan restprodukt, CPKelco	7.300	2.400 ^a
Slam fra spildevandsrensning, CPKelco	10.300	0
Gylle fra svineproduktion	66.300	49.700
Kvæggødning	4.100	3.100
Hestegødning	440	330
Grødeskær	85	85
Sum	207.325	154.815

^a: Såfremt denne fraktion anvendes som ikke afvandet, vil mængden være 5.700 tons / år ved et tørstofindhold på ca. 10 %.

3 Indsamling og forbehandling af tang

I dette afsnit beskrives indsamlings- og forbehandlingsmetoder for tang anvendt til biogasproduktion. Som en del af denne opgave er udført analyse af forskellige tangfraktioner i forhold til sandindhold og indhold af næringsstoffer, som er væsentlige i forhold til vurdering af indsamlingsmetoderne.

3.1 Vurdering af tang til biogasproduktion

Følgende beskriver analyse af sandindhold og næringsstofferne: kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K) i alger på Solrød Strand sommeren 2010.

Metode

Der blev prøvetaget tang over tre kampagner for at vurdere på den aktuelle indsamlingsmetode:

1. Potentiale vurdering. Der blev indsamlet materiale, som det forekommer in situ på stranden dvs. der opnås en beskrivelse af hvordan det biologiske materiale findes på stranden inden opsamlingen
2. Indsamlingsmetode. Der blev indsamlet materiale fra forskellige trin i indsamlingsforløbet, således at processen kan beskrives.

3. Bortkørsel fra stranden. Der blev indsamlet materiale fra strandrensningen klar til at blive kørt bort.

Sandindhold er analyseret som syreuopløselig restfraktion (Forvaskning v. 550 °c og behandling med HCL og HNO₃). Vandindhold er bestemt ved tørring v. 110°C i 24 timer. Total kvælstof bestemt ved Kjeldahl metode. Fosfor er bestemt ved spektrofotometrisk bestemmelse efter syre oplukning. Kalium: atomabsorption spektrometer efter syre oplukning.

De enkelte fraktioner udtaget til analyse blev fotograferet, se billede appendiks 1.

Resultater

Potentiale vurdering:

Resultaterne viser, at der er meget stor forskel på det biologiske materiale (>90 % ålegræs) som findes på stranden se Tabel 6. Generelt er der meget sand i ålegræsset, men ses der på de ny opskyllede fraktioner eller fraktionen frit i vandet er der lavt sandindhold på ca. 14 %. Det betyder at man kan minimere sandpro-



blemerne, hvis materialet kan bjærges i vandet (se eventuelt foto 1 og 4 i appendiks 1). Den ny opskyllede algefraction har også et lavt sandindhold på ca. 22 %. Denne fraktion udgør dog kun en lille del af den indsamlede tang. Ældre ålegræs fraktioner som tue eller høfdelignende strukturer har højt indhold af sand, der observeres fra 32-77 % sandindhold.

Analysen af den organiske fraktion af tangprøverne (Tabel 6 nederst) viser et højt indhold af næringsstoffer. De friskere fraktioner har generelt det højeste indhold og jo længere biomassen ligger på stranden desto mere mineraliseres og udvaskes fra planterne/algerne. Specielt P og K vaskes ud af biomassen. I de enkelte fraktioner ses et N indhold mellem 9-23 g N pr. kg TS. Hvilket gør biomassen egnet til plantegødning. Hvis man ønsker at udnytte næringsstofferne til gødningsformål og ønsker at fjerne så mange næringsstoffer fra strand/hav miljøet er det vigtigt at bjærge biomassen så frisk som mulig. Resultaterne viser meget varierende tørstofindhold i biomassen på stranden (fra 7 til 92 %) se Tabel 6. De ny fraktioner har et højt vandindhold

og de gamle har et lavt vandindhold. Sammenlignes der med sandindholdet ses det, at det er vigtigt at dræne biomassen før den transporteres bort og at det er vigtigt hvordan der drænes for at undgå store sandmængder i biomassen. Analyser viser desuden, at materiale der har ligget længe på stranden har et højere sandindhold sammenlignet med friskere prøver.

Indsamlingsmetode:

Resultaterne viser stor forskel i sandindhold efter de forskellige maskiner. Efter riven der samler materiale i vandet er der ca. 20 % sand, se Tabel 7. Efter Strandrenseren "Beachcleaner" er der mellem 60 og 90 % sand. Dvs. den mekaniske opsamling på stranden bidrager med det meste sand. Der ses store forskelle mellem de enkelte strandrensninger med den samme maskine. Samlet ses det, at den mekaniske indsamling mere end fordobler vægten ved iblanding af sand.

Tabel 6. Indhold af tørstof, sand og næringsstoffer i tangprøver fra Solrød Strand før maskinindsamling

Prøve	Foto	Tørstof (TS) %	Sandindhold af TS %	Total N g/kg TS	P g/kg TS	K g/kg TS
Før indsamling	1	7,0	13,5	22,1	1,7	9,0
Alger frit i vand	2	11,4	21,9	16,5	1,2	4,7
Tang revet fra strand.	3	47,2	76,8	9,0	0,4	1,0
Ældre ålegræstue.	4	9,0	14,3	23,0	1,3	4,2
Ålegræs+algeopskylzone	5	41,6	36,0	9,5	0,5	1,0
Gl. Ålegræs i hofde	6	89,8	46,4	9,4	0,5	0,4
Gl. Ålegræs tør revet op fra strand	7	92,1	31,9	12,9	0,6	0,5
Gl. Ålegræs tør revet op fra strand	1	7,0	13,5	22,1	1,7	9,0

Organisk fraktion	Total N g/kg	P g/kg	K g/kg
Før indsamling	25,5	2,0	10,4
Alger frit i vand	21,1	1,5	6,0
Tang revet fra strand.	38,8	1,7	4,3
Ældre ålegræstue.	26,8	1,5	4,9
Ålegræs+algeopskylzone	14,8	0,8	1,6
Gl. Ålegræs i hofde	17,5	0,9	0,7
Gl. Ålegræs, tør revet op fra strand	18,9	0,9	0,7
Gl. Ålegræs, tør revet op fra strand	25,5	2,0	10,4

Resultaterne viser generelt et højt indhold af næringsstoffer i den indsamlede biomasse, men det organiske materiale i denne indsamling er også relativt "nyt" dvs. lidt mineraliseret. Resultaterne viser også, at når biomassen blandes med sand så falder det relative næringsstofindhold. Samtidig ses det, at næringsstofindholdet i den organiske fraktion er meget ens i de forskellige fraktioner. Fra analysen af indhold af næringsstoffer konkluderes det, at den organiske fraktion er meget velegnet til plantegødning eller jordstruktur forbedringsmiddel.

3. Bortkørsel fra stranden

Generelt ses der et stort indhold af sand i biomasse fraktionerne klar til at blive kørt bort fra stranden, se Tabel 8. En af bunkerne, som var afvandet, havde et sandindhold på ca. 90 % af tørstofindholdet, dvs. mere end 50 % af det bortkørte materiale er sand, kun 10 % er organisk materiale, se foto 14 i appendiks 1. En af bunkerne, som ikke var afvandet, viste et sandindhold på ca. 60-70 % endvidere ses et vandindhold på mere end 70 %, derfor er det vigtigt at materialet afvandes inden bortkørsel.



Tabel 7. Indhold af tørstof, sand og næringsstoffer i tangprøver fra Solrød Strand ved indsamling

Prøve	Foto	Tørstof (TS) %	Sandindhold af TS %	Total N g/kg TS	P g/kg TS	K g/kg TS
Strandrenser udtømning	8	21,2	62,0	8,8	0,7	2,0
Strandrenser udtømning	9	36,6	91,9	1,7	0,2	0,4
Strandrenser udtømning	10	52,8	81,8	3,2	0,4	0,9
Opskyllet tang efter rive i vand	11	9,0	20,4	21,5	1,4	3,0
Ålegræs bunke top	12	65,8	66,9	6,2	0,6	1,8
Ålegræs bunke sandparti	13	89,3	93,7	0,8	0,2	0,3

Organisk fraktion	Total N g/kg	P g/kg	K g/kg
Strandrenser udtømning	23,2	1,8	5,3
Strandrenser udtømning	21,0	2,5	4,9
Strandrenser udtømning	17,6	2,2	4,9
Opskyllet tang efter rive i vand	27,0	1,8	3,8
Ålegræs bunke top	18,7	1,8	5,4
Ålegræs bunke sandparti	12,7	3,2	4,8

Resultaterne viser, at det relative næringsstofindhold er lille i den fraktion som køres bort fra stranden, dette skyldes det store sandindhold. I den organiske fraktion ses der høje næringsstofkoncentrationer, hvilket skyldes den unge "alder" af biomassen. Den store mængde af næringsstoffer gør den organiske fraktion egnet til plantegødning og hele fraktionen egnet til jordstruktur forbedringsmiddel. Det høje sandindhold nødvendiggør forbehandling med henblik på at frasortere sand før udrådning af materialet i et biogasanlæg

3.2 Indsamlings- og forbehandlingsmetoder

Indsamling og bortskaffelse af tang fra Køge Bugt er hidtil udført af Solrød, Greve og Køge kommuner. Derfor er der nu et vist erfaringsgrundlag i forhold til indsamlingsmetoder. Da den indsamlede tang skal anvendes til udrådning i et biogasanlæg, vil der stilles krav til sammensætning af materialet i forhold til indhold af sand. En udfordring er, at forekomsten af tang og alger afhænger af vind og vejr, og det kan derfor være vanskeligt at basere indsamlingsstrategien på en enkelt teknologi, hvilket vil være fordyrende for indsamlingen. Desuden er der ikke et sikkert erfaringsgrundlag for hvilke mængder af tang og alger, der vil være til stede på forskellige tidspunkter, hvilket varierer fra år til år.

Formålet med undersøgelsen beskrevet i dette afsnit er, at skitsere en strategi, der kan bruges til at indsamle

og forbehandle tang til udrådning i biogasanlæg for de to scenarier i forhold til biomassegrundlag skitseret i afsnit 2, samt at vurdere omkostninger forbundet med denne indsamling og forbehandling. Dette er gjort på baggrund af nuværende erfaringer med indsamling i de tre kommuner, samt erfaringer fra en undersøgelse udført for Trelleborg Kommune, hvor tang som råmateriale i biogasanlæg er undersøgt.

Der er gennemført interviews med formanden for Solrød Strands Grundejerforening, ligesom der er gennemført interview med repræsentant fra firmaet Finn Olsen, der har anskaffet udstyr, som har været i anvendelse i indsamlingen på de lokale strandarealer i 2009 og 2010. Endelig er der taget telefonisk kontakt til to firmaer med erfaring med tromlesigter, Solum A/S, der bl.a. udlejer materiel, og Retec A/S, der bl.a. sælger tromlesigter af mærket TERRASELECT. Desuden er firmaet Stjernholm kontaktet med henblik på en vurdering af mulighederne for vask af materialet.

I lyset af de udfordringer der er forbundet med indsamling af tang og alger med henblik på anvendelse til biogasproduktion, og de sparsomme erfaringer der er indhøstet på området, er det særdeles vanskeligt at pege på løsninger, der med sikkerhed vil kunne tilgode de hensyn og formål, som indsamlingen gerne skulle opfylde. Derfor må det forventes, at en løbende justering af indsamlingsmetoder og strategi er nødvendigt,

Tabel 8. Indhold af tørstof, sand og næringsstoffer i tangprøver fra Solrød Strand ved bortkørsel

Prøve	Foto	Tørstof (TS) %	Sandindhold af TS %	Total N g/kg TS	P g/kg TS	K g/kg TS
Bunke fra strandrenser 28/6-10	13	56,2	90,9	2,2	0,2	0,4
Bunke fra strandrenser 28/6-10	14	27,2	73,4	6,9	0,5	0,9
Bunke fra strandrenser 28/6-10	13	62,7	90,9	1,6	0,2	0,3
Bunke fra strandrenser 28/6-10	14	19,9	60,9	10,4	0,8	1,2
Organisk fraktion		Total N g/kg	P g/kg	K g/kg		
Bunke fra strandrenser 28/6-10		24,2	2,2	4,4		
Bunke fra strandrenser 28/6-10		25,9	1,9	3,4		
Bunke fra strandrenser 28/6-10		17,6	2,2	3,3		
Bunke fra strandrenser 28/6-10		26,6	2,0	3,1		

og at det kan vise sig nødvendigt med yderligere investeringer i indsamlings- og håndteringsmateriel.

Den hidtidige praksis

På stranden i Solrød Kommune har det tidligere været forsøgt at nedharve tang hvilket ikke har været en tilfredsstillende løsning. Opskyllede bunker af tang og ålegræs er lejlighedsvis blevet læsset på lastbiler og fjernet. I 2009 blev der udført forsøg med mere målrettet fjernelse. I første omgang ved en jysk entreprenør senere ved det lokale firma Finn Olsen. Der var overvejende tale om sammenrivning af ilandskyllet materiale, og indsamlingen viste store problemer med at materialet blev blandet med sand. Disse forsøg viste, at der er et stort behov for at udvikle metoder til håndtering og læsning, der kan mindske sandindholdet. En del materiale blev lagt i miler på stranden ud for Trylleskoven. En besigtigelse af disse bunker i foråret 2010, kort før de blev fjernet, viste meget stort sandindhold. Det må dog formodes, at en betydelig del af det organiske materiale er blevet omsat gennem de måneder stakkene har ligget hen. Der blev også gennemført forsøg med indsamling i vandet, men indsamlingen, der foregik med frontskovl viste sig ikke at være hensigtsmæssigt grundet et stort sandindhold i indsamlet tang.

I Greve Kommune fjernes opskyllet materiale efter behov. Materialet skubbes sammen og læsses med

gummiged eller gravemaskine med gitterskovl, hvorefter det borttransporteres. Materialet sigtes i en tromle sigte, og den fraserede sand læsses igen på lastvogn, hvorefter det returneres til stranden. I Greve Kommune indsamles der ca. 10 gange i løbet af en sæson, og omkostningerne hertil ligger på ca. 1 mio. kr. Man har forsøgt sig lidt med andre indsamlingsmetoder, bl.a. med en gitterskovl direkte fra vandet, hvilket har vist sig for tidskrævende.

Indsamlingsscenarier

Forekomsterne af tang vil være at finde i forskellig form og mængde afhængigt af årstid, vejr og vind, og stiller dermed forskellige krav til indsamlingsteknik og strategi.

1. Tang flydende i vandet
2. Ilandskyllet tang, der ligger som en tynd skorpe på stranden
3. Totter af især ålegræs, som ligger spredt på stranden, tør efter nogen tid
4. Bunker af tang og ålegræs, enten på stranden eller i vandkanten hvor der er strøm- og vindlæ.

Det vil imidlertid til en vis grad være muligt at påvirke forekomsten af materiale gennem valg af indsamlingsteknik og strategi. Fx vil en konsekvent indsamling i vandet og vandkanten i nogen grad kunne forhindre at der skyllles store mængder op på stranden. Det vil dog ikke kunne undgås, at der skyller både tang og ålegræs





Figur 2.
Stengreb (kilde:
www.stollfront.de)

op på stranden for eksempel i forbindelse med kraftig blæst. Det vil derfor være nødvendigt med en ret fleksibel indsamlingsstrategi mht. tidspunkter og hyppighed, og et flerstrengt indsamlingssystem med flere maskintyper.

Indsamlingssystemer ved forskellige scenarier

I (Trelleborg Kommune, 2010) er kortlagt og vurderet en række teknikker til indsamling af alger på stranden hhv. i vandet. Ifølge denne undersøgelse samt egne analyser beskrevet i afsnit 3.1 er der to fordele med indsamling af tang flydende i vandet: højt indhold af næringsstoffer og lavt indhold af sand.

Den svenske undersøgelse peger på som den foretrukne løsning, at materialet kan indsamles i vandet ud til en vis dybde (1,2 m) med en stengreb eller risteskovl

påmonteret en si med passende hulstørrelse, så vandet kan bortdrænes. Der findes mange forskellige skovle og greb til montering på entreprenørmaskiner. I Figur 2 vises et eksempel på en stengreb, som vil kunne anvendes i forskellig udformning til forskellige typer af materiale. Der skal dog monteres en siplade

Skovlen er frontmonteret, og maskinen kan enten køre ud vinkelret på strandet til den maksimale dybde, løfte materialet op, og derefter returnere til aflæsning fx i container eller dumper, eller køre et stykke ude i vandet langs med stranden. En af fordelene ved denne løsning er, at tangen kan vaskes ved at hæve og sænke skovlen nogle gange i vandet. Det anføres også, at denne teknik også kan opsamle materiale, der ligger på den nederste del af stranden, hvorved denne også kan blive skyllet i vandet. Alternativt kan der opsamles i vandet med amfibiekøretøjer eller pontonmaskiner. Problemet med disse er den relativt lave kapacitet, ligesom der ikke er peget på en effektiv metode til at omlaste det opsamlede materiale. Nedenstående billede viser et eksempel på en maskine med en bred greb påmonteret si-plader

I Trelleborg Kommune, 2010a er det vurderet, at indsamling i vandet med frontskovl med påmonteret siplade har en kapacitet på 80 m³ pr. time og at omkostningerne til drift af maskinen vil være mellem 1000 og 1500 kr. pr. time. Kapaciteten vil dog afhænge af fore-



Figur 3. Indsamlingsmaskine til
opsamling af tang i vandet
(kilde: www.doroteamekaniske.se)

komsten af alger på det pågældende tidspunkt. Hvis der med frontskovlen hele tiden skal køres ud i vandet løftes og returneres til stranden, er det i overensstemmelse med erfaringer fra Greve, ret tidskrævende i forhold til metoden med at køre i jævn fart langs stranden. Kapaciteten må derfor forventes at være betydeligt større ved dette system.

I Trelleborg Kommune, 2010b er der beskrevet forsøg med at indsamle algemateriale på åbent hav med modificeret udstyr til olieopsamling. Der er tale om en langstrakt flydespærring, som langsomt indsnævres, hvorefter olien kan opsuges. I de svenske forsøg blev der isat et trådnæt og små kæder, som skal holde den nedhængende presenningstrimmel i lodret position når aggregatet trawles gennem vandet. Trådsien tilbageholder algematerialet og lader vandet passere. I de svenske forsøg, hvor der blev anvendt en 25 m lang spærring blev kapaciteten estimeret til 0,11 km² havoverflade pr. time. Der er ikke angivet økonomidata for teknikken. Der vil formentlig kræves et særligt fartøj til opsamling af materialet, ligesom losning af materialet herfra skal foregå i et havneområde. Det vurderes derfor at denne teknik nok vil være for kostbar til formålet i dette projekt.

I Detox AB, 2007 beskrives erfaringer med at anvende en traditionel siderive, som anvendes i landbruget til at vende og rive hø og halm. De er ret billige, og kan

monteres på en traktor. Et andet forsøg foregik ved at riven var påmonteret en opsamlingskurv, og desuden blev opereret med armen på en gravemaskine.

Fordelene ved disse er, at de er billige og hurtige, til gengæld kan de have problemer, hvis mængden af materiale bliver for høj, og de rækker ikke så langt ud. Det gør til gengæld den store siderive, som firmaet Finn Olsen har anskaffet, med henblik på indsamling af materiale. Ideen med denne maskine var, at den skulle være i stand til at indsamle materiale med en rækkevidde på hele 12 m, og lægge det i en strimmel i strandkanten. Materialet var så afvandet efter ca. et døgn tid, og derefter opsamlet med en specialbygget rive, og læsset. Figur 4 viser en Kverneland 9071 S siderive i arbejde på landjorden. Det ses, at materialet lægges i en strimmel på venstre side. Meningen er, at det skal være lige inde på stranden.

I Solrød Kommune er der foretaget rensning af ca. 6 km strand fire gange i sommerens 2010. Det har vist sig, at den store siderive kun under optimale betingelser er en hensigtsmæssig metode til indsamling af tang fra vandet. Hvis mængderne er for store eller for små, kommer denne metode til kort, ligesom der er en tendens til, at de mindre stykker ikke kommer med. Der er derfor udviklet en 2,5 m bred rive, med påmonteret trådnæt. Denne er monteret på kranarmen på en ren-degraver. Med denne kan der køres langs stranden,



Figur 4. Siderive
(kilde: www.kverneland.com)

hvor riven føres gennem vandet vinkelret på stranden. Med denne arm kan der nås 6 m ud i vandet. Trådsien er nødvendig for at få de mindre stykker med. Med mellemrum trækkes tangen så ind på stranden. Denne maskine kan køre 2-10 km/time. Når der er meget tang, og pålandsvind, køres der en gang til for at få mere med. Metoden kan i nogen grad, også omkostningsmæssigt, sammenlignes med den førnævnte svenske ide, når den pågældende maskine kører langs stranden. Der er dog den forskel, at Henrik Herses siri-ve ikke kan løfte materialet, men må trække det ind på stranden. Det giver det svenske koncept den fordel, at det nok kan indsamle tang med mindre sandindhold, såfremt der læsses direkte i en container eller dumper. Der har i denne sommer ikke været de store mængder, måske i alt kun 600-800 tons. Efter at materialet således er blevet lagt på stranden, samles det op med strandrenseren, dels for at indsamle det, dels for at fræse mest muligt sand. Herefter er det blevet aflæsset i bunker og senere fjernet og afsat til landbrug eller gartneri.

Den store siderive er derimod anvendt til at sammenrive det materiale, der lå længere oppe på stranden. Dette materiale er ligeledes indsamlet med strandrenseren. Der har derimod ikke hidtil i denne sæson samlet sig bunker af ålegræs, fordi det der er kommet er blevet samlet ind. Det forventes imidlertid, at det vil komme senere på efteråret. Det er ikke planen at ind-

samle dette før næste år, eftersom det ikke er muligt at afsætte materialet om efteråret. Dette vil først være muligt, når der er etableret et biogasanlæg.

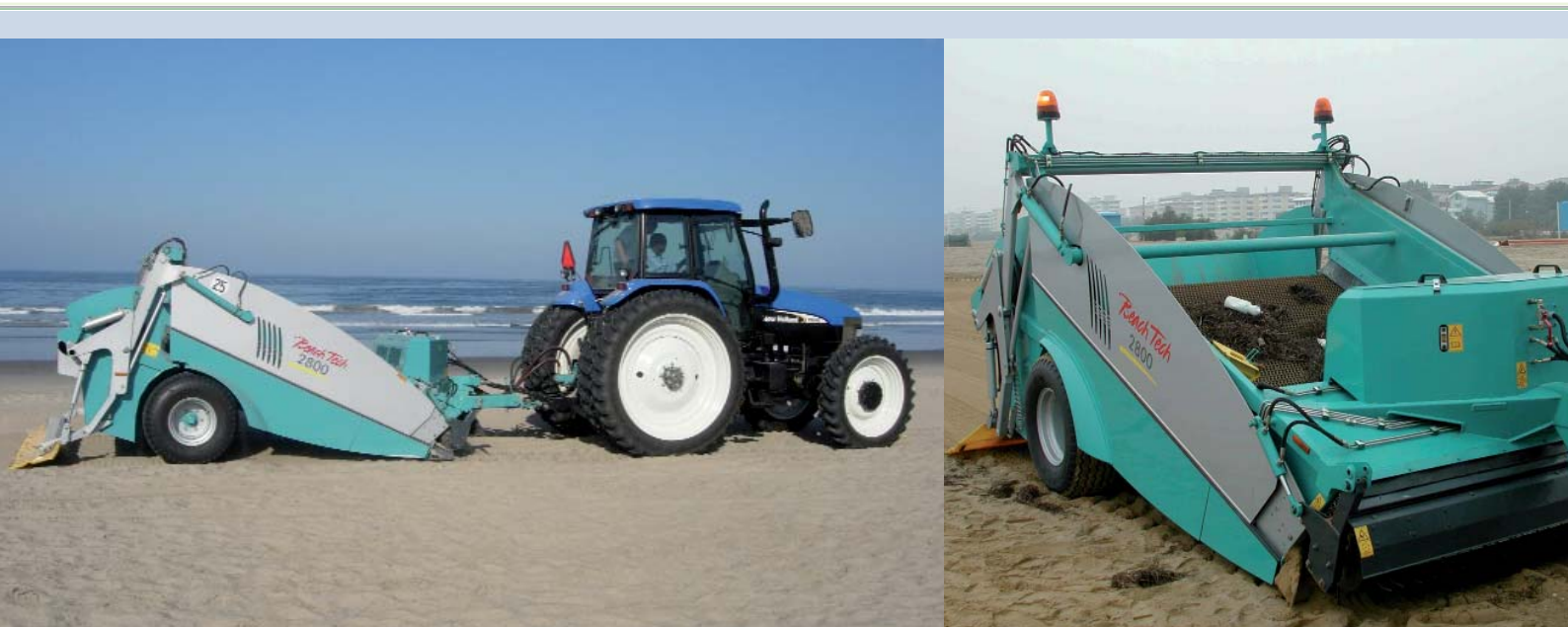
De fire nævnte rensninger har været i alt 6 arbejdsdage i 2010, hvor 5 mand og 5 maskinsæt har været i arbejde:

- Rendegraver med si-rive
- Traktor med siderive hhv. strandrenser
- 3 stk. dumpere.

Henrik Herse fra firmaet Finn Olsen beregner den samlede omkostning hertil at være mellem 200.000-300.000 kr. for selve indsamlingen i 2010. Det svarer til 830 - 1250 kr. pr. time pr. maskinsæt. Hertil kommer så borttransport og afsætning.

Figur 5 viser strandrenseren, som blev anvendt til at opsamle tang, og sammenrevet materiale på stranden. Der blev endog gennemført forsøg med at køre i vandet og opsamle tang og alger der, for at minimere sandindholdet. Maskinen har en lille tank til opsamlet materiale, hvorfra det kan tippes til en lastbil eller dumper, samt et rystebånd til frasortering af sand. Maskinen arbejder forholdsvis langsomt, og er ikke velegnet til de helt store mængder.

Opskyllede bunker af materiale på stranden eller i strøm og vindlæ udgør en særlig udfordring. Når det ligger inde på stranden, kan det være mere eller min-



Figur 5. BeachCleaner (venstre) samt maskinens rystebånd (højre) (kilde: www.beach-tech.com)

dre tørt, hvorimod det der ligger i strøm og vindlæ ofte kan være vådere i det omfang tidevand og bølger kan nå ind til det. Begge dele indeholder store mængder sand, og derfor vil det være nødvendigt med en forbehandling og rensning forud for tilførsel til biogas-anlægget. Det kan relativt let læsses med en riste-skovl, men det må påregnes at det indeholder en del sand. Derfor kan det være hensigtsmæssigt med en forbehandling ved hjælp af en mobil tromlesigte direkte på stranden, for at undgå transport og fjernelse af de store mængder sand. Indsamlingen kan enten foregå ved, at materialet skrubes sammen med en gummiged, og med dumpere placeres i midlertidige bunker langs standen, for senere at blive forbehandlet i tromlesigte, eller at indsamling og forbehandling sker samtidigt. Tromlesigten vil kunne flyttes hen langs stranden efterhånden som materialet indsamles. Erfaringerne må vise hvordan dette bedst gøres. Hvis den kan flyttes ofte, er det måske kun nødvendigt med en gummiged til ilæsning af tromleseparatoren. Alternativt kan den flyttes sjældnere, men så vil det være nødvendigt med en eller flere dumpere til at transportere materialet hen til tromleseparatoren. Det er anslået, at tromleseparatoren har en kapacitet på 20-25 tons råmateriale i timen (ref. JJ, Solum A/S), og er dermed med til at bestemme tidsforbruget til rensningen. Med en samlet mængde, der skal behandles på skønsmæssigt 18.200 tons når 4000 tons tang er freregnet, vil dette vare i alt 728 timer. Med en time-

pris for en gummiged på 1200 kr. pr. time vil indsamling af dette materiale koste ca. 875.000 kr. Et eksempel på en mobil tromlesigte vises på nedenstående figur. Systemet fungerer bedst hvis materialet er forholdsvis tørt.

Mængderne af materiale og behovet for forbehandling

Det er i projektet, på basis af hidtidige erfaringer, skønnet, at der årligt kan indsamles i alt 22.200 tons materiale på den samlede 20,6 km lange strækning fra Greve, Solrød og Køge kommuner, svarende til scenarie 2 som beskrevet i afsnit 2.2.

Analyserne beskrevet i afsnit 3.1 viser, at alle fraktioner har et betydeligt indhold af sand. I tang prøvetaget under indsamling er der fundet godt 20 % sand i prøver indsamlet fra vandet, og 60 – 90 % sand både i materialet fra strandrenseren og i bunker med ålegræs, målt på vægtbasis. Det viser for det første, at det organiske stofindhold nok kun udgør 20-30 % af den samlede mængde. Det betyder, at den mængde organisk materiale, der er til rådighed for biogasanlægget er mellem 4500 – 6600 tons. For det andet betyder det, at hele mængden må forbehandles i en tromlesigte for at nedbringe sandindholdet til et acceptabelt niveau. Opblanding af tang med andre fraktioner ved udrådning i et biogasanlæg kan dog betyde, at behovet for frasortering af sand mindskes.



Figur 6. Tromlesi (kilde: www.retec.dk)

Forbehandling

Selv med den mest skånsomme indsamlingsmetode, vil der være mindst 10 % sand i tangen, selvom det indsamles fra vandet og læsses direkte i dumper eller container. Derfor er det sandsynligt, at hele mængden skal forbehandles for at kunne håndteres tilfredsstillende i biogasanlægget. En metode, der kan bringes i anvendelse, er med en mobil tromlesigte, der som tidligere nævnt har været anvendt af Greve Kommune.

Kontakt til firmaer med erfaring med tromlesigter har imidlertid vist en vis skepsis med hensyn til rensningseffektiviteten, eftersom materialet ikke er tørt. Det skyldes, at sandet forventes at klæbe til materialet, så længe det er vådt. Der har været kontakt til Peter Ry Schmidt, fa. Retec, der sælger tromlesigter af mærket TERRASELECT og Jan Juellund, fra Solum, der bl.a. udlejer forskellige maskiner til materialesortering, og som i øvrigt har erfaring med materiale modtaget fra Solrød Strand. Jan Juellund oplyste en timepris på 1400 kr. og en maskinkapacitet på 20-25 tons råmateriale i timen. På den baggrund kan behandlingsomkostningen beregnes til 65-70 kr. pr. ton. Der findes dog også mobile tromlesigter med en væsentlig større kapacitet, der sandsynligvis kan sortere materialet for lavere omkostninger pr. ton. Men det vil i så fald kræve at kapaciteten til ifyldning af maskinen tilpasses behandlingskapaciteten.

JJ anslår endvidere, at det sorterede materiale fortsat vil indeholde en del sand, måske 15-20 % på vægtbasis. Hvis dette sand skal fjernes er det nødvendigt med vask af den organiske del af materialet. Der findes både mobile og stationære systemer, der sandsynligvis vil kunne klare dette. Solum råder over en mobilvasker, som JJ anslår, kan udlejes for 1800-2000 kr. pr. time. Kapaciteten er imidlertid begrænset, måske 8-10 tons i timen, hvorved behandlingsprisen pr. ton bliver relativt høj.

Repræsentanterne for begge de to firmaer mente med baggrund i de manglende erfaringer, at det vil være nødvendigt med en afprøvning før den endelige beslutning om valg af forbehandlingssystem. Begge firmaer udtrykte interesse for at medvirke hertil.

Transport

Hvis biogasanlægget placeres tæt på CPKelco i LI. Skensved vil der i gennemsnit være en transportafstand på ca. 12 km. Transportomkostningerne er beregnet på baggrund af et transportsystem der består af en lastvogn og to containere, der skiftevis fyldes med forbehandlet materiale på stranden. Der er forudsat en gennemsnitshastighed på 30 km/time og en lastkapacitet på 20 tons.

Med disse forudsætninger vil transporten vare 1,2 time eller 72 minutter pr. læs. Hertil kommer 5-10 minutter til aflæsning på anlægget.



Figur 7. Tromlevasker (www.stjernholm.dk)

Det blev ovenfor skønnet, at det organiske materiale vil udgøre mellem 4500 og 6600 tons. Det giver i alt mellem 225 og 330 læs. Transporten kan foretages umiddelbart i tilknytning til forbehandlingen. Der stilles en tom container ved siden af den fyldte, som trækkes på lastvognen, der kører ind og aflæsser på anlægget, hvorefter der returneres til stranden. Transportomkostningerne pr. ton organisk fraktion er ved modelberegninger baseret på erfaringstal fra biogasbranchen beregnet til knap 30 kr. pr. ton. Det bliver i alt mellem 133.000 og 195.000 kr. på årsbasis. Resultatet er dog afhængigt af hvor godt rensnings- og transportkapaciteten passer sammen, så der ikke opstår ventetid.

Vask af tangmateriale

Eftersom en mobilvask af tangmaterialet på selve stranden som vist er ganske kostbar, synes der at være perspektiv i at overveje mulighederne for at foretage vask af det organiske materiale i et stationært anlæg på biogasanlægget. Det vil give den fordel, at pasningen af dette materiel kan indpasses i arbejdsgangen på biogasanlægget. Det frarensede sand vil som en mulighed kunne transporteres tilbage til strandarealerne som returlæs med de lastbiler, der transporterer tangmaterialet fra stranden til biogasanlægget. Alternativt kan sandfraktionen afsættes til anden side. Ulempen kan være omkostningerne til et vandforbrug til vask, som efterfølgende skal afsættes. Det bør i den sammenhæng vurderes, om der evt. kan anvendes en spildevandsstrøm fra

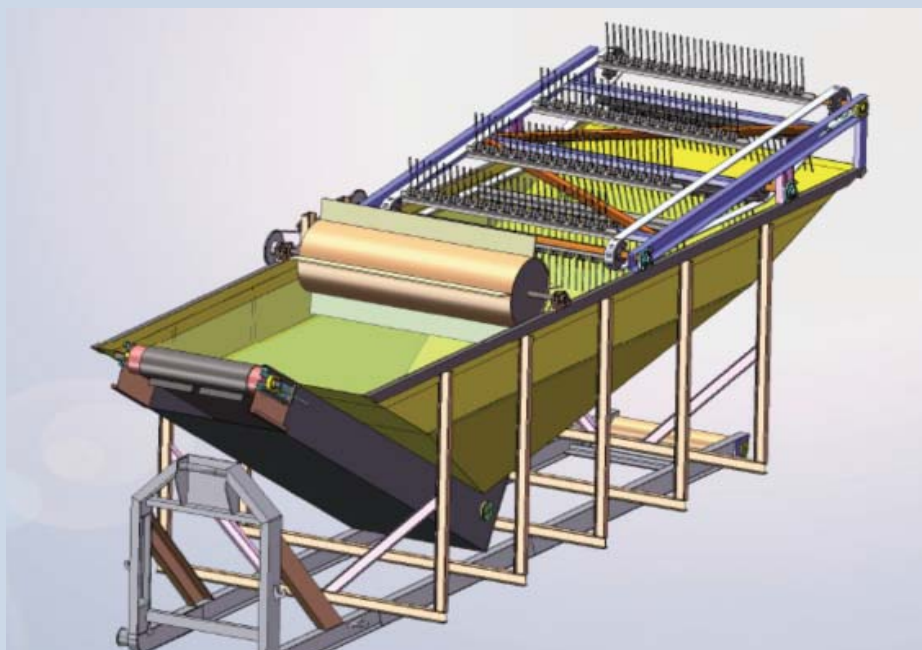
CP-Kelko, eller en del af det afgassede materiale med fordel kan afvandes, så reject fraktionen herfra kan recirkuleres og anvendes som vaskevand. Det sidste indebærer dog betydelig risiko for lugtgener, eftersom der tænkes anvendt husdyrgødning i anlægget.

Der er taget kontakt til to firmaer, der har hver deres bud på en teknologi til vask af tangmaterialet. I begge tilfælde vil der være tale om modificerede udgaver af eksisterende maskiner.

Denne type vaskere anvendes typisk til vask af sten, eller opkoncentrering af slam ved tilsætning af polymerer. Det er der dog ikke behov for i dette tilfælde. Der vil være behov for en afprøvning af maskinen med forskellig hulstørrelse i soldet, for at vurdere effektiviteten med hensyn til frarensning af sand. Maskinen er ganske prisbillig – godt 200.000 kr. Kapaciteten er ca. 200 m³ / time.

En anden mulighed er en maskine fra Retec A/S der anvender et såkaldt flyde/sænkesystem (se Figur 8). Systemet forudsætter, at tangen vil flyde og sandet synke til bunds. Igen vil der være tale om en modificeret maskine, som også må afprøves for at vurdere effektiviteten med hensyn til frarensning af sand.

Denne maskine anslås at koste 250.000-300.000 kr. For begge systemer gælder det, at der nok skal etable-



Figur 8. Flydesænkesystem til vask af materiale (Retec A/S)

res et indfødningssystem med fx en grube til aflæsning af materialet samt en fødesnegl. Alternativet hertil kunne være en biomixer, et system, der minder om en fuldfodervogn med snitteagregat, som er udviklet og implementeret i Tyskland til indfødning af majsensilage og energiafgrøder til biogasanlæg. Figur 9 viser et eksempel på en biomixer fra Tyskland.

Det anslås, at biomixer og fødesnegl kan koste 600.000-800.000 kr. Den samlede investering kan derfor beløbe sig til godt 1 mio. kr. Denne investering skal imidlertid holdes op imod beregnede omkostninger til vask af tangmaterialet med en mobilvasker på stranden, hvilket beløber sig til 1,4 mio. kr. på årsbasis.

Under forudsætning af, at problemet med vandforbruget kan løses med genbrugsvand, og at de viste systemer efter en afprøvning viser sig at kunne klare opgaven, vurderes det, at omkostningerne til den afsluttede vask af tangmaterialet kan nedbringes markant ved anvendelse af et stationært anlæg, uden at fjernelsen af det frarensede sand medfører væsentlige meromkostninger.

En alternativ måde at håndtere sandproblemet på er helt at undlade vask af materialet, men i stedet satse på lejlighedsvist at tage det ud af anlæggets tanke. Det vil sandsynligvis være muligt med det rette materiel og en passende omrøringsstrategi i fortanken, at bundfæl-

de størstedelen af sandet her. Det kan så efterfølgende fjernes med passende mellemrum. Det må dog påregnes, at der alligevel kommer en del sand med rundt i anlægget, hvorfor det må påregnes, at de øvrige tanke også skal tømmes en gang i mellem, ligesom der vil være et større slid på pumper, røreværker og rørføringer.

Økonomi

Det vurderes, at den nuværende fremgangsmåde i forhold til indsamling af tang er velfungerende, og både rummer den fornødne fleksibilitet og effektivitet. Sandindholdet ville dog nok kunne reduceres, hvis ikke det i land bragte materiale skulle lægges på sandstranden. Eftersom mængderne i 2010 var relativt beskedne, er det nok rimeligt at antage at omkostningerne som gennemsnit vil ligge i den høje ende af førnævnte skøn for omkostningerne i indeværende sæson.

Ved omkostningerne til indsamling og forbehandling af ålegræs-bunkerne, skal der tages højde for tilstedeværelsen af i det mindste en gummiged til indsamling og ilæsning af materiale, samt udjævning af frarensat sand i samme tidsrum, som tromlesigten og den mobile vasker skal arbejde.

Transportomkostningerne er fundet ved modelberegninger. I praksis vil omkostningerne formentlig være højere, hvis opgaven udliciteres til en vognmand, eftersom



Figur 9. Biomixer til indfødning til biogasanlæg. Til højre vises biomixerens indfødnings- og snitteaggregat

der i de beregnede omkostninger ikke er indeholdt en avance.

Med ovennævnte forudsætninger er nedenstående opstilling af omkostninger til indsamling, forbehandling og transport af tangmateriale fra de i alt 15 km strand beregnet. I alt 22.200 tons materiale, heraf 4000 tons tang. Denne andel forudsættes ikke sigtet. I nedenstående beregninger er der ikke forudsat vask af tangmaterialet.

Analysen viser en samlet omkostning til opgaven på knap 3 mio. kr. på årsbasis.

Diskussion af resultaterne

Indledningsvist skal det understreges, at ovenstående økonomianalyse hviler på et relativt spinkelt erfaringsgrundlag. Der kan vise sig andre måder at gøre tingene på, der er mere omkostningseffektive, ligesom der kan peges på nogle muligheder for optimering.

Der synes at være grundlag for at antage, at fa. Finn Olsen har fundet en fornuftig løsning på indsamling af tang fra vandet. Sammenrivning af løst materiale på stranden synes ligeledes at være en god løsning for denne del. Med hensyn til selve opsamlingen af tang og løst materiale på stranden er det imidlertid et spørgsmål om strandrensningen, er den rette teknik at anvende til dette, eftersom kapaciteten er lille og at rensnings-



kvaliteten alligevel er så forholdsvis ringe, at yderligere forbehandling skønnes nødvendig. Måske kan forbehandling alene bestå i en vask af materialet, men hvis det er nødvendigt også at sortere dette materiale i tromlesigten, er det et spørgsmål om ikke der bør anvendes opsamlingsmateriel med større kapacitet, men som så til gengæld ikke frænses sand.

Det kunne fx gøres ved anvendelse af en opsamlervogn, som kendes fra landbruget til opsamling af forvejret græs. Disse vogne er udstyret med en snitter, som dog næppe er hensigtsmæssig at anvende i forbindelse med opsamling af tang. En sådan vogn kan antagelig leveres uden snitter, eller snitteren kan bypasses.

Tabel 9. Beregnede omkostninger til indsamling, forbehandling og transport til biogasanlægget

Aktivitet	Prisgrundlag	Årlig omkostning kr.
Indsamling af tang og løst materiale fra strand ^a	15 km * 50.000 kr. / km	750.000
Indsamling og forbehandling af materiale indsamlet med strandrenser		
Ilæsning og udjævning af sand: 1 gummiged	1.200 kr. / time * 728 timer	875.000
Forbehandling tromlesigte ^b	1.400 kr. / time * 728 timer	1.000.000
Transport til biogasanlæg	30 kr. ton * 6700 tons	200.000
Oprensning af sand fra biogasanlæggets tanke	100 kr. / tons (v. 20 % sand)	134.000
Sum		2.960.000

^a: Beregnet ud fra skønnet omkostning for 2010, Henrik Herse

^b: Oplysninger fra Jens Juellund, Solum. Kapacitet 25 tons/time, i alt 728 timer/år

En anden mulighed, som der også peges på i den svenske undersøgelse er, at opsamle materialet fra strimlerne med en rundballepresser, som også kendes fra landbruget, hvor de anvendes til forvejret græs, som efter presningen wrappes. Denne løsning er særlig aktuell, hvis der er behov for ensilering af materialet af hensyn til sæsonudjævning af tilførslen. Det er dog usikkert om der af hensyn til energiproduktionen er behov for at ensilere materialet, eftersom mængderne, i forhold til de øvrige biomasser, der tænkes tilført biogasanlægget, er relativt beskedne. Desuden vil der før tilførsel til biogasanlægget under alle omstændigheder skulle foretages en rensning af materialet.

Forbehandlingen er som vist særdeles omkostningskrævende, ikke mindst fordi to trin synes at være nødvendige. Det vil dog formentlig være muligt at anvende maskiner med større kapacitet, hvorved maskintiden kan reduceres noget. Til gengæld vil det så formentlig være nødvendigt med tilstedeværelse af flere maskiner på stranden til at transportere og læsse råmaterialet i tromlesigten. Dette vil i nogen grad opveje fordelene ved den større kapacitet. Det er også tænkeligt, at omkostningerne til vask af materialet kan reduceres i et stationært anlæg med større kapacitet. Det vil til gengæld medføre yderligere omkostninger til transport af materiale og franset sand. Endelig er der den mulighed at undlade den afsluttende vask af materialet i første omgang og tilføre det til biogasanlægget. Her

kan det doseres i en særligt designet fortank, hvor omrørersystemet er tilpasset denne biomasse, og hvor de forventelige mellem 1000 og 1500 tons sand relativt let kan udtages og returneres til stranden, som returlæs i de containere, der anvendes til indtransport af tangmaterialet. Endeligt kan det som nævnt og vist i beregningerne vælges lejlighedsvist at fjerne aflejret sand fra anlæggets tanke.

Når der skal lagres opsamlet tang, er det vigtigt at bevare det organiske indhold i materialet, så potential for gasproduktion fra tang bevares. Det kan være nødvendigt med opbevaringskapacitet for tang, da tilførslen vil være ujævnt fordelt over året, i modsætning til restprodukter fra CPKelco og husdyrgødning.

Ensilering i fx rundballer, tårnsiloer eller plansiloer, er en velprøvet metode der kan anvendes på tang, som den anvendes på eksempelvis græs i landbruget. Ved ensilering omsætter bakterier sukkerstof i materialet i et iltfrit miljø og danner mælkesyre, hvilket resulterer i en konservering af materialet, og et formindsket tab af organisk materiale ved forrådnelse (Trelleborg Kommune, 2010c). Dermed vil en stor del af potential for dannelse af biogas bevares.

Ifølge Trelleborg Miljöförvaltning, 2010c er det hensigtsmæssigt at tilsætte myresyre (HCOOH) for at sænke pH til ca. 3 ved ensilering af tang og alger.

Figur 10.
Opsamlervogn med
snitter (www.poettinger.co.at)



Desuden bør materialet være relativt tørt (TS > ca. 30 %) ved ensilering.

Ensilering i baller vurderes til at have flest fordele af de nævnte metoder:

- Lave investeringsomkostninger
- Ensilering kan udføres i forbindelse med indsamling af materiale fra stranden
- Eliminering af lugtgener ved transport fra strand til opbevaringsplads
- Kendt og velprøvet teknik

Konklusion

Karakterisering af tang før, under og efter indsamling med de nuværende anvendte metoder viste, at en stor del af den indsamlede mængde var sand, hvilket tyder på at en forbehandling før udrådning i et biogasanlæg er hensigtsmæssig. I prøver udtaget af indsamlet materiale sås det, at mellem 60 og 90 % af tørstoffet var sand. Kemiske analyser af tang viste også, at tang indeholder en del næringsstoffer, hvilke vil tilføre værdi til anvendelse af restprodukter fra biogasproduktionen til jordforbedring.

Der tegner sig nu et billede af et indsamlings- og forbehandlingssystem til tangmateriale fra Køge bugtområdet til brug i biogasanlæg. Indsamlingen skal tilgodeses en række hensyn, hvilket vanskeliggøres af, at tangmaterialet forekommer i forskellig form og på forskelli-

ge tidspunkter, samt er afhængig af det aktuelle vejrlig. Det kræver et flerstrengt system med en række forskellige maskintyper. Indsamlingen af tang foregik i 2010 med en si-rive monteret på armen på en rendegraver, hvilket synes at være en fin løsning, der også bekræftes af en svensk undersøgelse. Løst materiale på stranden er sammenrevet med en stor høvender, og de nævnte materialer er indsamlet med en strandrenser. Dette, samt bunker af ålegræs, der først forekommer i løbet af efteråret kan gå til biogasproduktion, det meste dog kun efter foregående sortering i tromlesigte og vask af materialet ved biogasanlægget. En omkostningsanalyse af dette system viser en årlig omkostning på ca. 3 mio. kr. til indsamling, forbehandling og transport af materialet. Der er peget på optimeringsmuligheder i systemet, primært ved brug af maskiner med større kapacitet. Det anbefales, at der i fase 2 udføres yderligere undersøgelser med det formål at optimere indsamlings- og forbehandlingsteknikker.



Figur 11.
Rundballepresser
(www.claas.com)

4 Kemiske sammensætninger og metanpotentialer

For at bestemme metanpotentialer og indholdsstoffer i de materialer, der vil kunne indgå i et kommende biogasanlæg i Solrød, er der udført kemiske analyser på de materialer der tiltænkes udrådningsmateriale i anlægget. Endvidere er der udført udrådningsforsøg, hvor de forskellige materialer er udrådningsmateriale i laboratorium og gasproduktionen er målt. På Forskningscenter Foulum er der udført udrådningsforsøg over 90 dage af tang og rest produkter fra CPKelco, hvor slam fra et biogasanlæg som podemateriale har været tilsat tang eller restprodukter, hvorefter gasdannelsen blev målt over tid.

Der er udført analyser af tørstofindhold (TS), glødetab – det vil sige indhold af organisk stof (VS), kvælstof (Total N), ammonium (NH_4^+ -N), fosfor (P), kalium (K), klor (Cl), svovl (S) og de tungmetaller som vurderes at være kritiske i forhold til landbrugsmæssig anvendelse af udrådningsmateriale. For de forskellige materialer er medtaget analyser, hvorfra der her listes relevante parametre.

4.1 Sammensætning af biomasse

Tang

I Tabel 10 listes analyseresultater af tangprøver udtaget i Solrød Kommune på tre forskellige datoer. Der er blevet indsamlet flere prøver hver gang, som er blevet blandet sammen for at øge repræsentativiteten. For prøverne udtaget 12-1-2009 og 18-5-2009 er der udtaget fem prøver, mens der blev udtaget tre prøver 18-1-2010.

Af Tabel 10 fremgår det, at de målte parametre varierer fra prøve til prøve, hvilket kan skyldes varierende sammensætning af tangen eller varierende indhold af andet tørstof – fx sand. Indholdet af tungmetaller er kritisk, idet der er fastsat grænseværdier for disse ved udrådning i et biogasanlæg og udnyttelse af restproduktet som gødning. Generelt er de målte koncentrationer under grænseværdierne, på nær for cadmium i prøven udtaget 12-1-2009. Grænseværdien for cadmium er 0,8 mg/kg TS (Miljøministeriet, 2003). Af dette konkluderes det, at det vil være nødvendigt med fjernelse af cadmium fra en del af den tang, der vil ind-

Tabel 10. Målt kemisk sammensætning af tang prøvetaget i Solrød Kommune

Parameter	Enhed	Prøve 1 ^a	Prøve 2 ^a	Prøve 3 ^b
Dato for prøvetagning		12-1-2009	18-5-2009	18-1-2010
TS%	37	64	75,4	
VS	%	i.m.	i.m.	18,27
Total N	g/kg TS	7,1	4,1	3,10
NH_4 -N	g/kg TS	i.m.	i.m.	1,46
Total P	g/kg TS	1,2	0,53	0,34
Kalium	g/kg TS	i.m.	i.m.	1,26
Klorid v.opl.	g/kg TS	i.m.	i.m.	1,03
Svovl S opl.	g/kg TS	i.m.	i.m.	0,99
Calcium	g/kg TS	i.m.	i.m.	5,92
Cadmium	mg/kg TS	2	0,25	0,46
Kviksølv	mg/kg TS	<0,01	<0,01	0,1
Bly	mg/kg TS	6	<3	2,5
Nikkel	mg/kg TS	0,9	8,9	1,4

i.m.: ikke målt

^a: målt af Eurofins

^b: målt af Forskningscenter Foulum

samles. Et større indhold af ålegræs i tang indsamlet sent på sæsonen, som beskrevet tidligere er muligvis årsag til et observeret højere indhold af cadmium i tang prøvetaget januar, da ålegræs er en del af bundvegetationen og muligvis optager cadmium fra sedimentet. Indholdet af næringsstoffer (N, P, K) er interessant ud fra to perspektiver: Dels er indholdet af værdi for udnyttelse som jordforbedringsmiddel – evt. som erstatning af kunstgødning, og dels vil en fjernelse fra Køge Bugt forbedre havmiljøet.

Restprodukter – CPKelco

De tre fraktioner af restprodukter fra CPKelco: pektin restprodukt, carrageenan restprodukt samt slam fra vandrensning er blevet analyseret for kemisk sammensætning med hensyn til samme parametre som for tang beskrevet ovenfor.

Af Tabel 11 fremgår det, at slam fra vandrensning har et højt indhold af næringsstoffer (N og P) sammenlignet med de øvrige biomassefraktioner. For både restprodukt fra pektin og carrageenan produktion gælder det, at indholdet af omsætteligt organisk stof (VS) er særdeles højt og udgør stort set alt tørstof i prøverne.

Generelt er koncentrationer af tungmetaller langt under grænseværdierne jf. slambekendtgørelsen. Dog indeholdt slam fra vandrensning en for høj koncentration af cadmium, hvorfor cadmium fjernelse fra denne fraktion

muligvis er nødvendig. Slambekendtgørelsen giver mulighed for at opgøre koncentrationer af tungmetaller på to måder: enten som koncentration pr kg TS som her eller som koncentration pr kg fosfor (P).

Grænseværdierne er pt. henholdsvis 0,8 mg Cd kg TS⁻¹ og 100 mg Cd kg P⁻¹ (Miljøministeriet, 2003).

Grænseværdien opgjort pr. kg P overskrides i dette tilfælde dog også (koncentration = 194 mg Cd kg P⁻¹).

Erfaringsmæssigt har pektinrestprodukt et tørstofindhold på 17 % ± 3 % for hovedparten, mens de resterende ca. 13-15 % er ved 10 % TS. For carrageenan restprodukt har hovedparten et tørstofindhold på 26 % ± 4 % for hovedparten, mens de resterende ca. 15 % er ved 10 % TS. 2/3 af restprodukt fra produktion af carrageenan indeholder cadmium over grænseværdien, afhængigt af det råmateriale, der anvendes i produktionen. Det kan derfor være nødvendigt, at rense restproduktet for dette tungmetal.

4.2 Metanpotentialer

Der er målt metanpotentialer ved udrådningstest for tang og restprodukter fra CPKelco for at bestemme potentiel gasproduktion i biogasanlægget. Der er ikke målt potentialer for husdyrgødning, da metanpotentialer for denne fraktion er kendt. Metanpotentialer for tang og restprodukter fra CPKelco er målt på Forskningscenter Foulum ved mesofil temperatur (35 °C). Da denne undersøgelse viste at hovedparten af

Tabel 11. Målt kemisk sammensætning af restprodukter fra CPKelco

Parameter	Enhed	Pektin restprodukt ^a	Pektin restprodukt ^b	Carrageenan restprodukt ^a	Slam fra vandrensning ^a
TS	%	20,2	20,4	22,5	22,2
VS	%	99,0	98,5	97,56	53,8
Total N	g/kg TS	8,00	i.m.	4,49	41,98
NH ₄ -N	g/kg TS	0,00	i.m.	0,80	0,54
Total P	g/kg TS	0,74	i.m.	0,13	7,97
Kalium	g/kg TS	0,05	i.m.	2,22	4,46
Klorid v.opl.	g/kg TS	0,30	i.m.	2,44	12,21
Svovl S opl.	g/kg TS	0,74	i.m.	1,69	6,80
Calcium	g/kg TS	0,94	i.m.	2,62	189,01
Cadmium	mg/kg TS	0,02	i.m.	0,20	1,55
Kviksølv	mg/kg TS	0,10	i.m.	0,10	0,1
Bly	mg/kg TS	0,40	i.m.	1,00	4,3
Nikkel	mg/kg TS	0,10	i.m.	0,50	8,5

i.m.: ikke målt

^a: målt af Eurofins

^b: målt af Forskningscenter Foulum

gassen vil dannes fra pektin restprodukt, blev en yderligere måling udført med pektin restprodukt. Denne måling blev udført af DTU Miljø ved termofil temperatur (55 °C).

Metode (Forskningscenter Foulum)

Metanpotentialer er bestemt i batch forsøg. Forsøgene er udført i 1100 ml infusionsflasker lukkede med butyl gummi låg. Flaskerne blev forberedt og opbevaret ved $35 \pm 0,5$ °C, efter at have været skyllet med nitrogen. Som podemateriale (inokulum) blev der anvendt slam fra Foulums biogasanlægs hovedreaktor. Test mediet er udrådnings med 3 gentagelser. Gasproduktionen er målt efter behov ved fortrængnings princip og gasprøver er analyseret for CO₂ og CH₄ med gas kromatograf. Testens gennemsnitlige måleusikkerhed lå over hele test forløbet på ≤ 5 % (% standardafvigelse, SD), hvilket anses for tilfredsstillende.

Metode (DTU Miljø)

Fastsættelse af metanpotentialer på pektin restprodukt blev gjort ved termofil (55°C) anaerob nedbrydning. Forsøget blev udført i henhold til metoden beskrevet i Hansen, et al., 2004. Prøven blev af hensyn til evt. hæmmende egenskaber testet ved relativ lav organisk belastning og ved optimalt organisk belastningsniveau, ca. 4g VS/L reaktor volumen. Kontrol parameter for batch-test anvendtes substratet Avicel PH 101. Det teoretiske metan potentialer for Avicel PH 101 er

$415_{1atm, 0^{\circ}C}$ ml/g stof, korrigeret til normal arbejdstemperatur 25 °C er det $450_{1atm, 25^{\circ}C}$ ml /g stof. Avicel PH 101 blev tørret inden brug i henhold til ISO standard. Som podemateriale anvendtes aktiv biomasse stammede fra Snertinge Biogasanlæg. Testens gennemsnitlige måleusikkerhed lå over hele test forløbet på tilfredsstillende niveau ≈ 10 % CV (% SD). Test blev udført i serum flasker af 540 ml total volumen og i triplikater. Gasproduktionen blev bestemt ved udtagning af gas prøver der efterfølgende blev kvantificeret ved gas kromatografi koblet med flamme ionisationsdetektor.

Resultater

Gaspotentialer for de forskellige fraktioner omregnet til metan pr. kg organisk tørstof (VS) fremgår af Figur 12.

Det specifikke metan udbytte af hhv. tang, carrageenan restprodukt, pektin restprodukt, slam fra vandrensning og søsalat (kontrol) var hhv. 117, 73, 370, 163 og 150 liter metan pr. kg organisk tørstof (VS) målt under mesofil temperatur. Under termofil temperatur målt en noget højere metandannelse ($460 \text{ L CH}_4 \text{ kg VS}^{-1}$) for pektin restprodukt, hvilket dog kan skyldes at den anvendte prøve var prøvetaget en anden dag end prøven målt under mesofil temperatur. Der blev fundet, at udrådningen af pektin restprodukt sker hurtigere ved termofil temperatur, hvilket var forventet. I Detox AB, 2007 beskrives resultater af tidligere studier, hvor der var målt metanpotentialer for

Tabel 12. Forsøgsplan for måling af gaspotentialer for pektinrestprodukt – DTU Miljø

Test opstilling	Flaske	Substrat	Inokulum	Vand	Total
variationer	Nr.	VS gr.	gr.	gr.	gr.
Blind	1-3	0,00	180	40,00	220
Kontrol _{Avicel} (2 g/L)	4-6	0,40	180	40,00	220
Pektin (1,9 g VS/L)	7-9	0,42	180	40,00	220
Pektin (3,7 g VS/L)	10-12	0,82	180	40,00	220

tang på mellem 93 og 290 L CH₄ kg VS⁻¹, hvor gennemsnittet var 169 L CH₄ kg VS⁻¹. Resultaterne i forhold til metanpotentiale for tang udført her (117 L CH₄ kg VS⁻¹) er altså inden for forventet sammenlignet med tidligere undersøgelser.

Forløbet af udrådningen indikerer at der er hæmning i slam fra vandrensning eftersom gasproduktionen først kommer i gang efter 20 dage, hvilket indikerer at bakterierne kræver en hvis tid for at adaptere til denne biomasse. I de øvrige produkter er der ingen indikation af hæmning.

Det samlede udbytte er moderat og på niveau med svært omsættelig biomasse som halm og kvæggylle i alle produkter bortset fra pektin restprodukt, der har et meget højt specifikt metan udbytte. Metanudbyttet per ton er højere end i flydende husdyrgødning grundet det høje tørstofindhold i alle produkter bortset fra tang der ligger på samme niveau. Det høje tørstofindhold i produkterne kompenserer således får det moderate specifikke metanudbytte og betyder at alle produkterne vurderes at være velegnede til brug i biogasanlæg. Det vurderes ligeledes at udbyttet vil kunne være væsentligt højere i tang ved løbende indsamling.

Det specifikke metan udbytte for pektin restprodukt under termofil temperatur er her fundet ved testbelastningen 4 g VS/L reaktor volumen, hvilket er indenfor

belastningsområdet for fuldskala biogasanlæg.

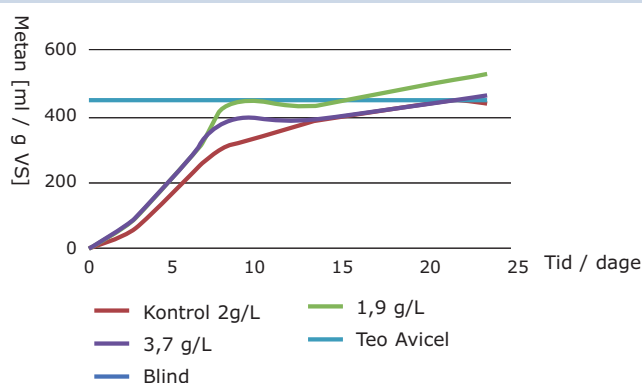
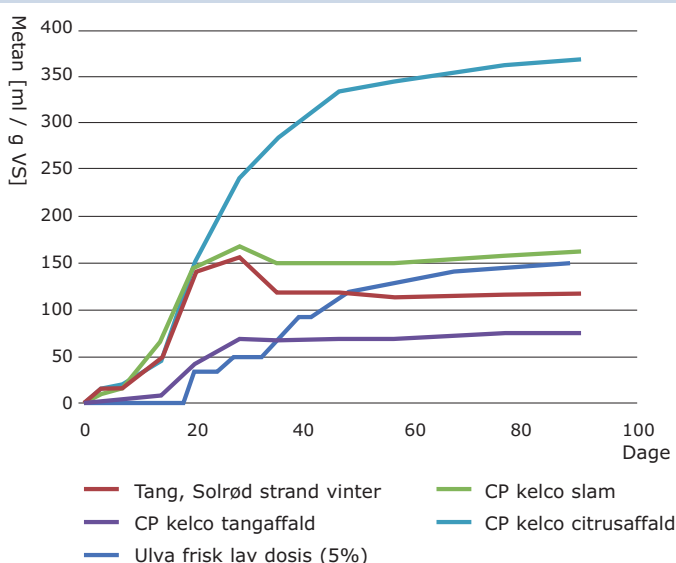
Endvidere var prøvens natur en masse der var vanskelig at røre/blande til optimal prøve homogenitet med negativt virkning på reproducerbarhed ved små prøveudtagninger.

Af Figur 12 nederst ses den maksimale metan produktion ved 3,7 g VS/L reaktor belastning opnåedes efter 22 til 24 dages udrådning, hvilket var 460 ml metan/g VS. Anderledes var det for belastningen med 1,9 g VS/L reaktor, hvor metan udbytte på ca. 450 ml/g VS allerede opnåedes mellem dagene 9 og 14 og afsluttende endte med udbytter over 500 ml metan pr. gram VS. Det ekstra metan udbytte opnået ved 1,9 g VS/L er ikke betragtet egnet for konklusion.

Generelt præsterede testen fint og uden negative bemærkninger. Medtaget kontrolprøve, Avicel PH 101, producerede ca. 450 ml metan/g stof svarende til 100 % i udbytte.

Forventet metanproduktion

Ud fra de målte gaspotentialer og opgørelse af mængder af de forskellige biomassefraktioner kan en gasproduktion, og dermed energiproduktion, fra biogasanlægget estimeres. De målte gaspotentialer angiver en maksimum produktion ved anaerob udrådning. Ved udrådning i biogasanlæg vil der typisk ikke nås en produktion, der helt svarer til potentialet, idet opnåelse af



Figur 12. Gaspotentialer omregnet til metan for tang og restprodukter fra CPKelco (tangaffald = restprodukt fra carrageenanproduktion, citrusaffald = restprodukt fra pektinproduktion). Til venstre vises gaspotentialer målt under mesofil temperatur, mens der til højre vises potentiale målt ved termofil temperatur.

maksimum produktion vil kræve en ikke optimal lang opholdstid og dermed for høje anlægs- og driftsomkostninger. Typisk dimensioneres og drives anlæg således, at produktionen af biogas er ca. 75 % af potentialet (Deublein & Steinhauser, 2008). Det er dog sandsynligt, at udnyttelsesgraden for dette anlæg vil være højere, da biomassen, der er undersøgt, er let omsættelig.

I Tabel 13 og Tabel 14 listes forventet gasproduktion totalt, og fordelt på biomasse fraktioner ved at sammenholde tilgængelige mængder med metanpotentia-ler. I Tabel 13 opgøres gasproduktion ved tilsætning af biomasse svarende til mængder listet som "scenarie 1" i afsnit 2.2, hvor der anvendes tang fra hele Køge Bugt, 100 % af husdyrgødning, samt alle restprodukter opgjort for CPKelco. I Tabel 14 opgøres gasproduktion for scenarie 2, hvor der tilføres tang indsamlet i Solrød, Greve og Køge kommuner, 75 % af husdyrgødning, medens der ikke anvendes restprodukter fra CPKelco, hvor indholdet af cadmium overstiger grænseværdier angivet i slambekendtgørelsen.

Den forventede metanproduktion sættes desuden til 75

% af potentialet af grunde nævnt ovenfor. Det bemærkes at metanpotentialet i Tabel 13 og Tabel 14 er omregnet til $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{ton TS}$.

Ved scenarie 1 forventes en årlig produktion af metan på 6,3 mio. m^3 svarende til 10,5 mio. m^3 biogas ved 60 % v/v metan ved en udnyttelsesgrad af metanpotentialet på 75 %. For scenarie 2 er den forventede produktion på 5,4 mio. m^3 metan årligt svarende til 9,0 mio. m^3 biogas.

Det ses i Tabel 13 og Tabel 14, at pektin restprodukt medfører hovedparten af gasproduktionen grundet mængden af biomasse samt et højt metanpotentiale. Dette medfører at produktionen af biogas er stærkt afhængig af tilførsel af denne fraktion af biomasse.

Erfaringer fra en tidligere undersøgelse udført for CPKelco, hvor pektin restprodukt blev undersøgt for metandannelse viste, at gasdannelsen hæmmes grundet lav pH, hvis der udelukkende blev brugt pektin restprodukt til biogasproduktion. Dette blev konkluderet ud fra undersøgelser, hvor en pilotskala biogasreak-

Tabel 13. Opgørelse af metanproduktion fordelt på fraktioner af biomasser, hvor der anvendes mængder angivet som "scenarie 1" i afsnit 2.2. I kolonnen "Metanpotentiale / produktion" angives der for tang og restprodukter fra CPKelco metanpotentialet, mens der for husdyrgødning og grødeskær angives erfaringstal fra biogasbranchen af typisk metandannelse af disse fraktioner i biogasanlæg.

Fraktion	Mængde	Tørstof (TS)	Tørstof (TS)	Metan- potentiale/ produktion	Maksimal metan- produktion	Forventet metan- produktion
	tons / år	%	tons/år	$\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{ton TS}$	$\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{år}$	$\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{år}$
Tang	41.800	58,8	24.578	21,5	529.068	396.801
Pektin restprodukt	77.000	16,0	12.335	409,4	5.050.024	3.787.518
Carrageenan restprodukt	7.300	23,4	1.711	71,6	122.565	91.924
Slam fra vandrensning	10.300	20,0	2.060	87,1	179.378	134.534
Svinegylle	66.300	6,8	4.508	370,0	1.668.108	1.668.108
Kvæggylle	4.100	9,3	381	260,0	99.138	99.138
Hestegødning	440	48,0	211	400,0	84.480	84.480
Grødeskær	85	31,0	26	400,0	10.540	10.540
Total	207.325	22,1	45.812	169,0	7.743.301	6.273.042

a: Gennemsnit af to målinger ved hhv. mesofil og termofil temperatur

b: Erfaringstal fra CPKelco mht. gennemsnitligt indhold af TS

tor blev tilført pektin restprodukt samt blandinger af pektinrestprodukt og gylle. Ved blanding med gylle i biogasreaktoren var gasproduktionen god, hvilket begrundedes med en neutraliserende effekt af gyllen, så en egnet surhedsgrad blev opnået. Derfor anbefales det her, at anlægget tilføres gylle af procesmæssige årsager.

Konklusion

Kemiske analyser viser, at de undersøgte materialer er egnede til biogasproduktion med enkelte undtagelser. Restprodukt fra carrageenan produktion overskrider lej- lighedsvist grænseværdien for cadmium fastlagt af slambekendtgørelsen. Rensningsmetoder er under udvikling, men der er ikke fundet en egnet metode til rensning, der kan implementeres nu. I en af tre prøver af tang var indholdet af cadmium ligeledes for højt. Det bør undersøges nærmere, hvor stor en del af indsamlet tang der kan forventes at overskride grænseværdien, og om indholdet af dette tungmetal vil reduceres eller øges ved at frasortere sand.

Det bør undersøges hvorvidt det vil være fordelagtigt

at opføre et biogasanlæg med to "strenge", hvor der i den største udrådnes materiale velegnet til udspre- ning på marker, og i den mindre udrådnes materiale der ikke er.

Biogasproduktionen er ud fra målinger af gasdannelse for de forskellige materialer vurderet til at være 6,3 mio. m³ metan årligt og 5,4 mio. m³ metan årligt afhængig af tilført biomasse jf. afsnit 2. I udregningen er der antaget 75 % udnyttelse af metanpotentialet, hvilket er en konservativ opgørelse. 3,7 mio. m³ metan årligt dannes fra pektin restprodukt, hvorfor denne fraktion er særdeles værdifuld for biogasanlægget. Dette skyldes den store tilgængelige mængde af dette materiale, samt et højt indhold af omsætteligt organisk stof. Pektin restprodukt er ikke velegnet til at anvendes alene, da materialet har en lav pH, hvorfor tilsætning af gylle m.m., er nødvendig for at opretholde en pas- sende surhedsgrad i anlægget, hvor metandannende mikroorganismer vil trives.

Tabel 14. Opgørelse af metanproduktion fordelt på fraktioner af biomasser, hvor der anvendes mængder angivet som "scenarie 2" i afsnit 2.2. I kolonnen "Metanpotentiale / produktion" angives der for tang og restprodukter fra CPKelco metanpotentiale, mens der for husdyrgødning og grødeskær angives erfaringstal fra biogasbranchen af typisk metandannelse af disse fraktioner i biogasanlæg.

Fraktion	Mængde	Tørstof (TS)	Tørstof (TS)	Metan- potentiale/ produktion	Maksimal metan- produktion	Forventet metan- produktion
	tons / år	%	tons/år	m ³ CH ₄ /ton TS	m ³ CH ₄ /år	m ³ CH ₄ /år
Tang	22.200	58,8	13.054	21,5	280.988	210.741
Pektin restprodukt	77.000	16,0	12.335	409,4	5.050.024	3.787.518
Carrageenan restprodukt	2.400	23,4	563	71,6	40.295	30.222
Svinegylle	49.700	6,8	3.380	370,0	1.250.452	1.250.452
Kvæggylle	3.100	9,3	288	260,0	74.958	74.958
Hestegødning	330	48,0	158	400,0	63.360	63.360
Grødeskær	85	31,0	26	400,0	10.540	10.540
Total	154.815	19,3	29.804	227,2	6.770.617	5.427.790

5 Placeringsmuligheder

Placeringen af anlægget tager udgangspunkt i følgende forhold: Anlægget skal placeres så nær centrum af anlæggets biomassegrundlag som muligt. Transportudgifterne af biomasse er den største enkeltudgift til driften af anlægget og optimering af transportudgifterne er således en vigtig faktor i bestræbelserne på at opnå en sund og god økonomi. Anlægget skal forsøges placeret i nærheden af energiaftageren for at nedbringe udgiften til transmissionsledninger.

Ved anlæggets placering skal der tages forskellige miljøhensyn - blandt andet:

- Anlægget bør ikke ligge tættere end 500 m fra byzone
- Der skal tages hensyn til trafikbelastningen som transport af biomasse påfører vejnettet ved anlægget
- Der skal tages hensyn til restriktioner vedr. flytrafik

Anlæggets placering tager udgangspunkt i at størstedelen af biomassen leveres til anlægget fra CPKelco.

Ligeledes er der, som et af flere alternativer, undersøgt mulighed for at anlæggets biogasproduktion afsættes i CPKelco's energianlæg. Figur 17 i dette afsnit viser to forslag til placeringer, der hver især er egnede ud fra forskellige forudsætninger.

Her screenes der for egnede og mulige placeringer i Solrød Kommune, samt hos CPKelco eller i umiddelbar nærhed heraf. CPKelco er beliggende i Køge Kommune, og er, jævnfør afsnit 2.2, hovedleverandør af biomasse, der tænkes udrådnat i anlægget.

5.1 Arealbehov

Arealbehovet for anlægget vil variere afhængig af anlægstype; fx om der er behov for forbehandling af biomasse og om der vil være el/varmeproduktion på anlægget eller om gassen sælges til forbrænding til et andet anlæg. For at undersøge et omtrentligt behov, er der set på fire andre biogasanlæg af sammenlignelig størrelse, men med forskellige anvendelser af gas (egen motor til el- og varmeproduktion, opgraderingsanlæg til naturgaskvalitet, direkte salg til kraftværk):

Figur 13. Kort visende kollektiv varmeforsyning i Solrød kommune, samt hoved transmissionslinier for naturgas og el.



Söderåsen, Lemvig, Blåbjergs og Hashøj biogasanlæg. Arealerne af disse anlæg er mellem 19.000 og 24.000 m². På denne baggrund vurderes det, at arealbehovet for biogasanlægget er ca. 20.000 m².

5.2 Lokalisering – biomasseindsamling og energiforsyning

I forhold til minimering af omkostninger og andre ulemper medført af transport af biomasse til anlægget er den optimale placering hos, eller i umiddelbar nærhed af virksomheden CPKelco. Dette skyldes at CPKelco vil levere mellem ca. 50 og 80 % af den samlede mængde materiale til udrådning, afhængig af mængden af husdyrgødning/gylle der vil tilføres. Derudover ligger virksomheden centralt i forhold til indsamling af tang fra Greve, Solrød og Køge kommuner.

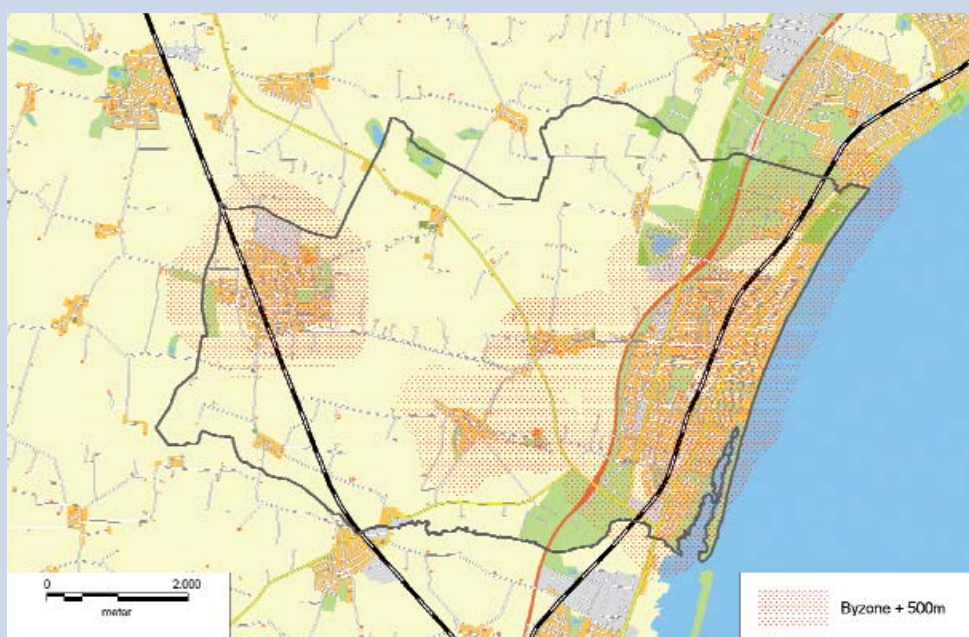
En placering i Solrød Kommune bør ud fra transport-hensyn ligge i kommunens sydlige del. Anlægget behøver ikke at ligge i umiddelbar nærhed af aftager af biogas, idet gassen vil kunne transporteres via rørføring til aftager.

Af Figur 13 fremgår hvilke områder i Solrød kommune, der er forsynet med hhv. fjernvarme og naturgas. CPKelco anvender pt. naturgas til fremstilling af procesvarme, og er en potentiel aftager af biogas.

5.3 Placeringsrestriktioner

Biogasanlæg defineres som miljøklasse 7, hvilket udløser et afstandskrav på 500 m til støj- og lugtfølsom arealanvendelse, herunder boligområder, sommerhusområder, rekreative områder og institutioner (Miljøministeriet, 2004). Nærhed til boliger i landzone er ikke underlagt denne begrænsning, men placering i nærhed af disse vil komme an på en konkret vurdering. Figur 14 viser i store træk arealer i Solrød Kommune, der i denne forbindelse vil være underlagt denne restriktion for placering af et biogasanlæg.

En stor del af Solrød Kommune er indenfor kystnærhedszonen, hvor Planloven stiller krav om funktionel begrundelse ved planlægning af anlæg inden for denne zone, altså at der er et praktisk behov for en kystnær placering (Miljøministeriet, 2009). En anden vigtig begrænsning er transportkorridoren, der i Solrød Kommune er placeret mellem Havdrup og landsbyerne Naurbjerg, Jersie, Solrød og Karlstrup. Transportkorridoren er en del af fingerplanen for hovedstadsområdet, der som formål har at reservere arealer til fremtidige trafik- og forsyningsanlæg (Miljøministeriet, 2007). Kystnærhedszonen, transportkorridoren, samt linieføringen for den kommende København-Ringsted bane er markerede i Figur 15.



Figur 14. Arealer i Solrød Kommune med afstande under 500 m til byzone

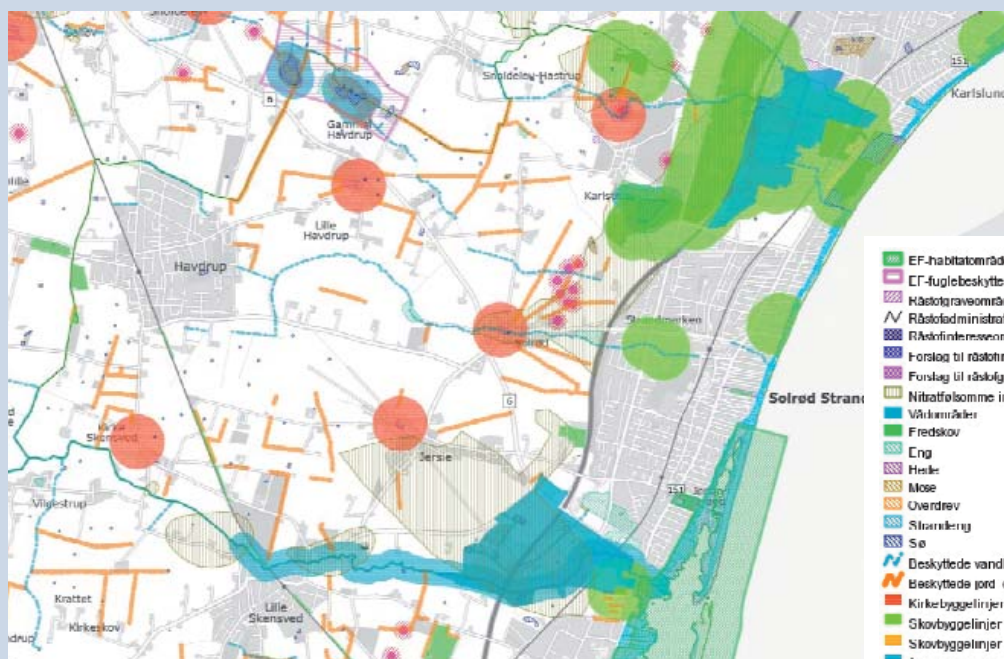
Figur 15.

Kystnærhedszone (markeret med lys blå farve), placering af transportkorridoren (markeret med grå skravering) samt linieføring af København-Ringstedbanen (markeret som blå stiplede linie) i Solrød Kommune



Biogasanlægget kan ikke placeres i transportkorridoren. Figur 16 viser yderligere restriktioner i forhold til placering af biogasanlæg i Solrød Kommune såsom beskyttede naturområder, lavbundsarealer, kirkebyggelinier med mere.

For de fleste restriktioner angivet i Figur 16 er der sædvanligvis absolut begrænsning i forhold til placering af et biogasanlæg (Biogassekretariatet, 2010). Relevant i denne sammenhæng er dog, at der kan placeres biogasanlæg i nitratfølsomme indvindingsområder



Figur 16. Placeringsrestriktioner i Solrød Kommune og nærmeste omegn (Danmarks Arealinformation, 2010), (Biogassekretariatet, 2010)

- EF-habitatområder
- EF-fuglebeskyttelsesområder
- Råstolgraveområder
- Råstolministerionsområder
- Råstolministerionsområder
- Forslag til råstolministerionsområder
- Forslag til råstolgraveområder
- Nitratfølsomme indvindingsområder
- Vårkærarealer
- Fredskov
- Eng
- Hede
- Mose
- Overdrev
- Skovbryn
- Se
- Beskyttede vandløb
- Beskyttede jord og stendiger
- Kirkebyggelinier
- Skovbyggelinier - gældende
- Skovbyggelinier - ophævet
- Åbeskyttelseslinier
- Søbeskyttelseslinier
- Fortidsminderbeskyttelseslinier: Under behandling
- Fortidsminderbeskyttelseslinier: GPS-opmålt
- Strandbeskyttelse
- Fredede områder
- Fredede fortidsminder - Ingen beskyttelseslinier
- Fredede fortidsminder - 100m beskyttelseslinier

(drikkevand) afhængig af en risikovurdering i forhold til eventuelle udslip. Der kan desuden dispenseres i forhold til placering inden for skovbyggelinier, beroende på konkret vurdering af lokaliteten.

5.4 Mulige og egnede placeringer

Ud fra de nævnte restriktioner i forhold til placering samt vurdering af egnethed beskrives der her følgende placeringsmuligheder:

- Placering i det åbne land i Solrød Kommune
- Placering hos eller i nærhed af CPKelco

Placering i det åbne land i Solrød Kommune kan lade sig gøre, da der er flere områder der ikke er omfattet af restriktioner. Ved det endelige valg er det dog vigtigt at tage transportmuligheder til og fra anlægget i betragtning. Det er især vigtigt, at der er god transportforbindelse til CPKelco, da der vil skulle transporteres ca. 90.000 tons materiale fra virksomheden til biogasanlægget årligt. En nær beliggenhed til CPKelco vil medføre, at transport fra virksomheden til biogasanlægget vil kunne gøres via transportbånd i stedet for via lastbiler.

Placering A

Der foreslås her en placering ved Åmarken syd for Jersie by ud fra kriterier beskrevet i dette afsnit. Placeringen er angivet i Figur 17, som placering A. Fordele ved denne placering er:

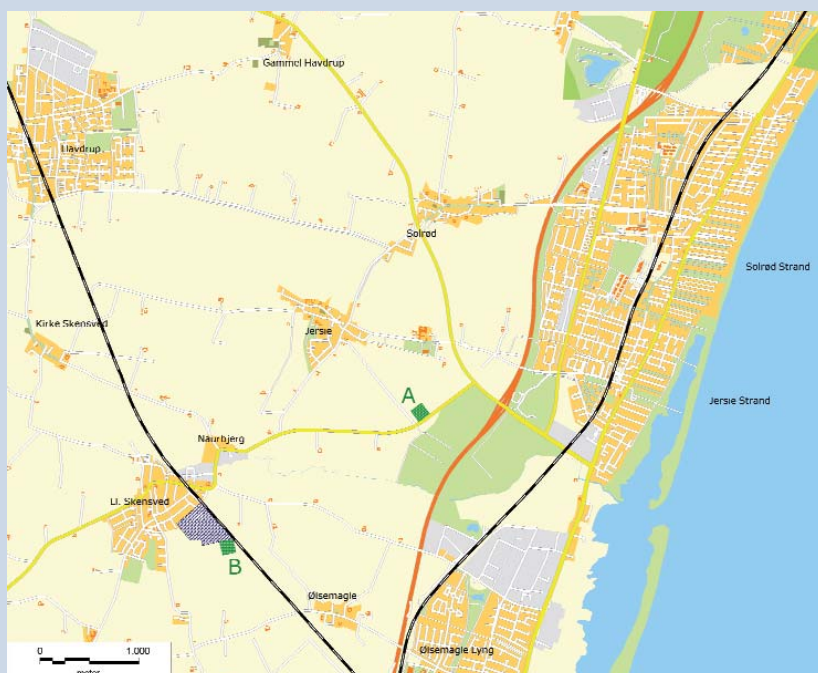
- Relativt kort afstand til CPKelco: 2 km i lige linje, 2,7 km køreafstand, sammenlignet med øvrige placeringsmuligheder i Solrød Kommune
- Gode transportforhold til Køge Bugt motorvejen
- Overholder 500m begrænsningen i forhold til nærhed til byzone

Arealet er beliggende indenfor en afstand af ca. 1900 meter til Natura2000 område nr. 147 Ølsemagle Strand og Staunings Ø, hvilket gør at der skal tages hensyn til "Bekendtgørelse 408 om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter"

Udpegningsgrundlaget er bla. de næringsstoffølsomme naturtyper *Stabile kystklitter med urteagtig vegetation (grå klit og grønsværsklit)*, *Tørre dværgbusksamfund (heder)* og *Artsrige overdrev eller græsheder på mere eller mindre sur bund*, som i Statens basisanalyse er vurderet til have ugunstig bevaringsstatus indenfor Natura2000-området.

I forslag til Natura2000-plan for området fremgår det, at der skal ske reduktion af næringstilførsel til området, idet atmosfærisk N-deposition er opgjort som en trussel for arealerne i forhold til det langsigtede mål om genopretning af gunstig bevaringsstatus.

Med baggrund i ovenstående må man forvente, at der



Figur 17. Foreslåede placeringer af biogasanlæg i Solrød Kommune (placering A) samt i Køge Kommune (placering B). Placeringen af CPKelco i L.I. Skensved er markeret med blå skravertering

vil blive stillet krav vedrørende eventuel udledning af kvælstofholdige gasser fra anlægget til Natura2000-området. I udgangspunktet vurderes det, at der ikke kan gives tilladelse til en eventuel udledning af kvælstofholdige gasser fra anlægget, såfremt det vurderes at ville give anledning til en forøgelse af den atmosfæriske N-deposition indenfor Natura2000-området. Risiko for atmosfærisk frigivelse af kvælstof bør undersøges nærmere såfremt denne placering vælges.

Placering B

Placering umiddelbart syd for CPKelco vil være optimal ud fra transporthensyn, idet transport af materiale fra virksomheden til biogasanlægget vil være minimal, og dermed også ulempen for omgivelserne pga. transport. I Køge Kommune syd for CPKelco er der planlagt udvidelse af Skandinavisk Transport Center (STC), således at STC udvides i retning mod CPKelco, hvilket vil give mulighed for transport til og fra biogasanlægget via ny forbindelsesvej (STC – Egedesvej), så eksterne transporter kan køre via det overordnede vejnet.

Der er planlagt byudvidelse sydøst for CPKelco, hvilket vil medføre, at denne placering ikke vil kunne overholde 500 m afstandskrav til byzone. Dette vil sandsynligvis medføre skærpede krav i forhold til lugtemissioner. Konsekvenserne af at placere et biogas anlæg her, skal derfor undersøges nærmere – særligt i forhold til lugtgener.

Konklusion

Placering af biogasanlæg er underlagt en række restriktioner, hvilke reducerer mulige placeringer i Solrød Kommune væsentligt. Der anbefales her to placeringsmuligheder for et biogasanlæg. Den ene placering er syd-øst for Jersie by i Solrød Kommune, hvortil der er gode vejforbindelser og nærhed til VEKS' fjernvarme forsyningsnet. Denne beliggenhed overholder 500 m begrænsningen til bymæssig bebyggelse.

Den anden placering der foreslås er umiddelbart syd for CPKelco i Køge Kommune, der er optimal i forhold til at mindske transport til og fra anlægget, og vil muliggøre transport af restprodukter fra CPKelco med fx transportbånd. Grundet planlagt byudvidelse i Køge Kommune syd-øst for CPKelco, vil 500 m begrænsningen ikke kunne overholdes i fremtiden, hvilket vil stille øgede krav til især lugtbegrænsning fra biogasanlægget.



6 Anlægskoncept

6.1 Anlægskoncepter: 3 alternativer

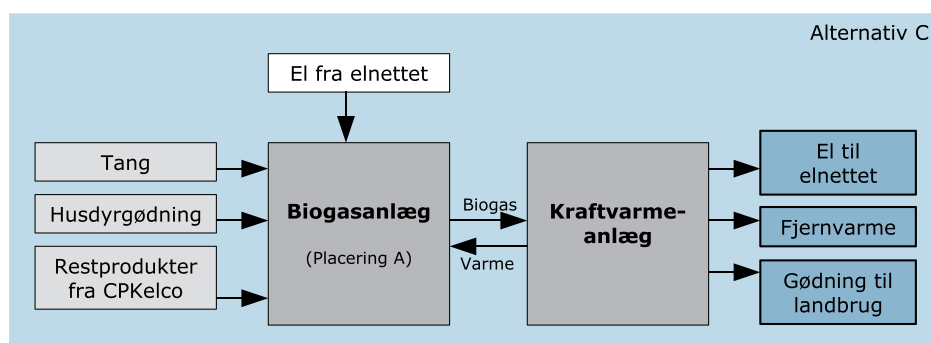
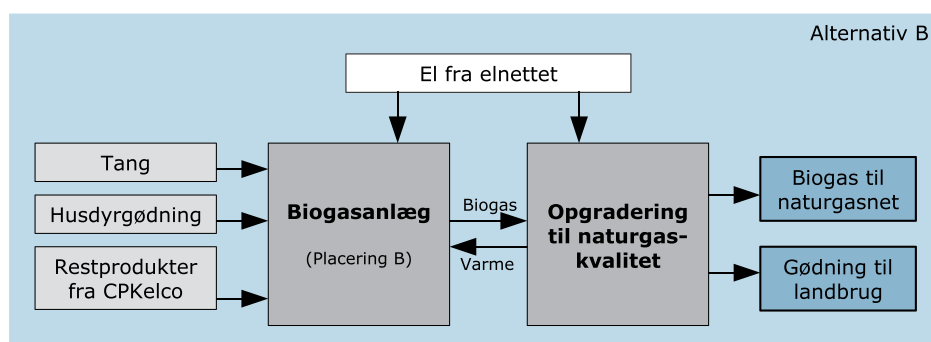
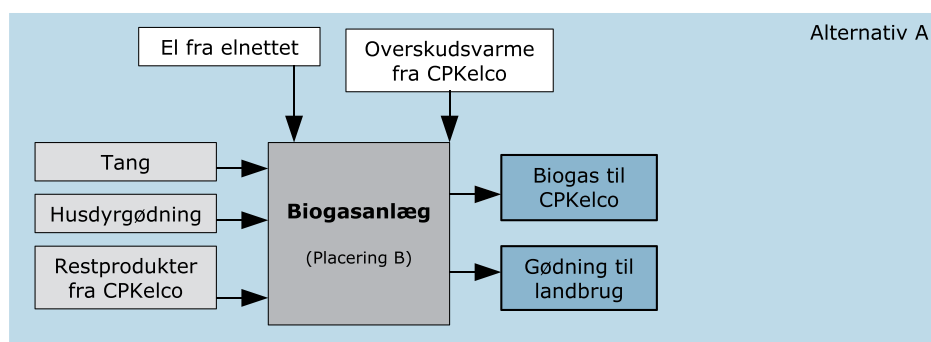
I det følgende beskrives tre alternativer mht. anlægs-koncept, der i senere afsnit vurderes i forhold til anlægs- og driftsøkonomi, samt miljøkonsekvenser. Tilgængelige typer af biomasser, der vil tilføres anlægget er behandlet i afsnit 2, udgør overordnet tang, husdyrgødning og restprodukter fra CPKelco. Der er beskrevet to placeringsmuligheder: Placering A i Solrød Kommune, og placering B i umiddelbar nærhed af CPKelco i Køge Kommune. Da valget af placering har konsekvenser for valg af anlægskoncept, f. eks. kan der anvendes overskudsvarme fra CPKelco til opvarm-

ning af råddnetanke ved placering B, skelnes der mellem placeringerne i de beskrevne alternativer. Endelig er der flere muligheder for udnyttelse af biogassen:

Anvendelse på CPKelco's kraftværk, opgradering af biogassen til naturgas, og anvendelse i eget kraftvarmeværk til produktion af el og fjernvarme.

Som vist i Figur 18, peges der på tre forskellige anlægskoncepter. Alternativ A, der er det teknisk mest enkle koncept, tager udgangspunkt i placering B ved CPKelco. Som tidligere nævnt, vil denne placering medføre mindst behov for transport, idet de ca. 80.000

tons restprodukter der tilføres biogasanlægget fra CPKelco vil være tilgængelige tæt på. Desuden er der mulighed for at udnytte overskudsvarme fra CPKelco's produktion til at opvarme biogasanlæggets råddnetanke. CPKelco vil kunne aftage hele produk-



Figur 18. Konceptskitse af væsentligste input og output fra biogasanlægget ved tre alternativer i forhold til anlægskoncept

tionen af biogas til brug i eget energianlæg, hvilket der gøres i alternativ A. Den nuværende afgiftstruktur gør dog, at det har været relevant i denne forundersøgelse, at se på andre muligheder for udnyttelse af biogassen.

Ved alternativ B udnyttes biogassen, ved at den tilføres naturgasnettet. Da biogas har en anden kemisk sammensætning end naturgas, er det nødvendigt at "opgradere" biogassen til naturgas. Den største forskel mellem naturgas og biogas er, at biogas indeholder ca. 40 % v/v CO₂, der fjernes ved opgraderingen. Opgraderingen medfører et elforbrug, men vil også producere overskudsvarme, der kan anvendes til opvarmning af rådnetankene i biogasanlægget.

Ved alternativ C udnyttes biogassen i et kraftvarmeanlæg opført sammen med biogasanlægget, hvorfra der produceres el til elnettet samt varme, der kan tilføres fjernvarmenettet.

Det forudsættes i alle tre alternativer, at den afgassede gylle tilbageføres til de landbrug, der har leveret rågylle til anlægget og landbrug med gødningsbehov for dyrkning af afgrøder.

De tre alternativer medfører forskellige anlægs- og driftsudgifter, samt indtægter ved salg af biogas eller el og varme. I kapitel 7 vurderes økonomien for hvert alternativ. CO₂ regnskabet påvirkes også, alt efter hvordan energien i biogassen udnyttes, ligesom biogasanlæggets egetforbrug af energi, og dermed miljøbelastning er forskelligt for de forskellige anlægskoncepter. I kapitel 8 gennemgås miljøvurdering af hvert alternativ.

6.2 Transport af råvarer

Transportomkostningerne er typisk i størrelsesordenen 25 % af de samlede driftsomkostninger på et traditionelt biogasanlæg, og det er derfor af stor betydning at se på mulighederne for at minimere disse omkostninger.

Lastbiltransport er den hyppigst anvendte transportform på biogasfællesanlæg. Det forudsættes for biogasanlægget, at al transport af råvarer foregår vha. lastbiltransport.

Geografisk fordeling af råvarer

Den geografiske fordeling er ikke opgjort i detaljer. Ved opgørelse af biomassegrundlaget er taget udgangspunkt i potentialet af husdyrgødning indenfor en transportafstand på 15 km fra anlægget.

Ved opgørelse af transportomkostninger er taget udgangspunkt i at husdyrgødning afhentes i gennemsnit i en afstand på 8 km fra anlægget og at den udrådnede biomasse ligeledes afsættes i gennemsnitlig afstand på 8 km fra anlægget.

Transport af rågylle og returnering til aftager

Der anvendes normalt vogne med en kapacitet på nominelt 30 tons (i praksis er kapaciteten begrænset til ca. 28 tons gylle). Med en gyllemængde på 49.700 tons pr. år og biomasse retur til aftagere på 99.346 tons pr. år, vil det samlede transportbehov med 220 årlige arbejdsdage og 28 tons/vogn være omkring 16 gylletankvogne til biogasanlægget pr. dag.

Det er i videst muligt omfang bestræbt at planlægge dobbeltture med afgasset biomasse den ene vej og rågylle den anden vej. Der benyttes normalt sættevogne med trykløs tank og selvansugende pumper (8-tals pumper).

På mindre brug, hvor afhentning ikke sker så tit, kan det ikke påregnes, at kørevejen altid er fri ved ankomst, og til en del af brugene kan det vise sig nødvendigt at benytte mindre vogne med lavere nyttelast. Dette spørgsmål vil dog først kunne besvares, når forholdene på de enkelte brug kendes nøjere.

Det er vanskeligt præcist at forudse hvilke krav veterinærmyndighederne vil stille til vask af tankvognene men på baggrund af erfaringerne fra Lemvig biogas kan det - ved at stille specielle krav til vognenes indretning - sikres at tømningen af rågyllen bliver meget effektiv (meget lille restvolumen - få liter). Når der herefter påfyldes afgasset biomasse, som er hygiejniseret, vil det afleverede produkt indeholde så forsvindende mængder af rågylle, at det bør overholde gældende krav til bakterieindhold. Med hensyn til den ydre rengøring rengøres vognene grundigt ved afslutningen af hver arbejdsdag - inkl. vask af undervogn og sprøjtning med desinfektionsvæske.

Der er pt. ikke taget stilling til om transportopgaven udliciteres eller udføres med eget personale og materiel. Det antages at udgiften i dette tilfælde vil blive sammenlignelig idet den sparede fortjeneste til vognmanden modsvares af manglende stordriftsfordele, rabatter m.v. De foreliggende erfaringstal fra eksisterende anlæg støtter dette synspunkt.

Økonomiforudsætninger for transport

Der forudsættes i økonomianalyserne, at Biogasanlægget afholder udgifterne til transport af gylle fra landbruget, samt biomassen fra CPKelco, mens udgifter til transport af tang fra strandene til anlægget afholdes af råvareleverandørerne, samt at udgifterne herfor indgår i prisfastsættelsen af den betaling, råvareleverandørerne modtager ved aflevering på biogasanlæggets grund.

Der blev i forbindelse med Maabjerg Bioenergi forprojektet udført af Rambøll i oktober 2004 lavet en model for sammenhængen mellem den gennemsnitlige km-afstand og transportomkostningen for gylletransport med lastbil. Med en vægtet gennemsnitsafstand på 8 km giver modellen en transportomkostning på ca. 24 kr./tons. Ved at fremskrive dette tal med 2 % p.a. i perioden 2004-10 fås en transportomkostning på omkring 27 kr./ton. Dette er formentlig et konservativt estimat pga. teknologiuudviklingen i perioden.

Afregning med gylleleverandører

Gylle er en meget væsentlig råvare til produktion af biogas på biogasanlægget, og der skal involveres en række leverandører for at komme op på den forudsatte gyllemængde på 49.700 tons / år. Effektiv planlægning og afregning af transport af gylle til anlægget er derfor en vigtig grundsten i projektet.

Det forudsættes i evalueringen af økonomien for anlægget at de landmænd som tilslutter sig anlægget og de landmænd/virksomheder som aftager biomassen, selv står for etablering af det lovpligtige lager, samt faciliteter på deres ejendomme for afhentning og aflevering af gylle/biomasse.

Overordnede principper for afregning

I aftaler med gylleleverandører opereres ofte med følgende gebyrtyper:

- et såkaldt tørstofgebyr, der betales, hvis gyllen har en ringere kvalitet end normalgylle
- et afstandsgebyr, der betales, hvis afstanden til et aflæsningssted er større end en af bestyrelsen fastsat mindste afstand
- et generelt modtagegebyr, der betales af alle, fordi man med den afgassede gylle kan opnå en bedre næringsstofudnyttelse
- et harmonigebyr, der betales, hvis der hjemtages mindre gylle (læs: kvælstof) end der leveres
- et gebyr for biomasse som svarer til gødningsværdien

Disse gebyrtyper behandles ikke i denne rapport, og skal afklares i senere faser af projektet.

I Appendiks 2 er vedlagt et eksempel på en leverandøraftale.

Scenarieforudsætninger

Der er i projektvurderingen forudsat,

- at der indføres et gebyr, relateret til tørstofindholdet i gyllen, således, at der betales en afgift pr. procentpoint, som gyllen ligger under. På denne måde holdes biogasanlægget økonomisk set skadesløs, hvis der er leverandører, der ikke leverer gylle med det forudsatte tørstofindhold i projektvurderingen
- at alle transportudgifter for transport af gylle, vask af vogne m.v. afholdes af biogasanlægget
- at der ikke betales et generelt modtagegebyr
- at anlægget ikke har indtægter (ej heller udgifter) for at hjælpe landbrug med evt. gødningsharmoniproblemer

6.3 Anlægsbeskrivelse - biogasanlæg

Layout

Anlægsbeskrivelsen skal læses sammen med Principdiagrammerne vist i appendiks 3 og 4. Appendiks 3 viser et eksempel på et anlæg, hvor biogas sælges, mens Appendiks 4 viser et eksempel på et anlæg, hvor biogassen udnyttes i et kraftvarmeanlæg.

Diagrammerne viser biogasanlæg med modtagelse for fast stof (biomasse som ikke kan pumpes) og en modtagelse for gylle og anden flydende biomasse, anlæg for afhentning af udrådnnet biomasse, anlæg for ensilering af tang, anlæg for modtagelse af fast biomasse, anlæg for indpumpning af fast biomasse, anlæg for indpumpning og opvarmning af flydende biomasse, samt varmegenvinding, rådnetanke og gassystem.

Modtageanlæg og lagertanke

Modtageanlæg for flydende biomasse er dimensioneret for en lagerkapacitet på anlægget svarende til 5 dages tilførsel. Lagertankene for udrådnnet biomasse ligeledes for 5 dages produktion. Tankanlæggenes kapacitet er valgt ud fra at transporten af biomasse kan holde stille i weekender og helligdage.

Tang fra strandene aflæsses i et ensilagelager. Det påregnes, at tang indsamles over perioden forår til efterår og at tilførslen udlignes, således at tangen kan tilføre anlæggets biogasreaktorer hele året rundt.

CPKelco har biomasselager til 2-3 dages produktion. Modtagefaciliteterne på biogasanlægget tilpasses tilsvarende. Modtagesilo dimensioneres til 5 dage, i tilfælde af, at biogasanlægget placeres væk fra CPKelco (Placering A). Principielt tilføres biomassen fra CPKelco i de mængder og i takt med at den produceres med tilpasning i forhold til praksis for transporten, som den er i dag:

- Slam afhentes alle hverdage, altså minus weekend. Et eller flere læs pr. dag
- Carrageenan rest afhentes alle hverdage, ikke i weekend. Et eller flere læs pr. dag
- Pektin rest afhentes alle hverdage samt lørdag, ikke søndag. Flere læs pr. dag
- På helligdage afhentes efter behov

Fødning af reaktorer

Flydende biomasse pumpes fra modtagetankene, gennem varmegenvinding og opvarmningsanlæg, til rådnetankene. Samtidig med påfyldning af reaktorerne, tømmes biomasse fra reaktorerne for at give plads til nye tilførsler og samtidig udveksles varme mellem ny flydende biomasse og biomasse der tømmes fra reaktorerne.

Fast biomasse flyttes med automatisk kran til et højtrykspumpeanlæg som pumper biomassen direkte ind i reaktorerne.

For opretholdelse af konstant temperatur i rådnetanke-

ne, recirkuleres biomasse fra reaktorerne over varmevekslere.

Anlægget kan opføres med tre parallelt drevne reaktorer (første trin) og en mindre efterudrådningstank. Biomassen kan opfylde veterinære krav om hygiejnisering af biomassen i reaktorer, når reaktorerne drives ved termofil temperatur. Biomassen skal holdes adskilt, der må ikke ske kontaminering mellem hygiejniseret og frisk biomasse i minimum hygiejniseringstiden på 4 timer. For at opnå hygiejnisering og samtidig kunne opretholde kontinuerlig føddning af reaktorerne, pumpes skiftevis til de tre tanke i første trin: en tank hygiejniserer, en tank (den som lige har hygiejniseret) pumpes der ud af og en tank tilføres frisk biomasse.

Som vist i Figur 18, afhænger varmetilførsel til biogasanlæggets rådnetanke af valgt anlægskoncept. Hvis biogasanlægget ligger i nærhed af CPKelco, er der mulighed for tilførsel af overskudsvarme fra CPKelco.

Gassystemet

Alt den producerede biogas leveres til naturgasnettet. Der installeres således ikke gaslager til udligning af gasproduktionen. Gassen pumpes med blæsere gennem en gastransmissionsledning. Som alternativ (se økonomiberegninger i afsnit 7) vil gassen leveres til kraftvarmeproduktion. Der opføres gaslager for dette alternativ.



Biogassen behandles i et gasrensingsanlæg hvor biogassens indhold af svovlbrente reduceres til max. 250 ppm.

Der installeres gasfakkel på anlægget, således at der sikres at gassen kan afbrændes i tilfælde af at den producerede biogas ikke kan afsættes.

Konceptovervejelser

Procestemperatur:

Store biogasfællesanlæg i Danmark er baseret på enten den Mesofile proces (ca. 37 °C) eller den Termofile proces (ca. 52-55 °C).

Af de nyere anlæg i Danmark er de fleste termofile, da biogasprocessen ved denne temperatur forløber hurtigere og kræver mindre opholdstid og dermed rådnetskalkvolumen. For fællesanlæg (hvor gylle blandes fra flere bedrifter) indebærer den termofile proces også en række hygiejniseringsmæssige fordele, som kan integreres i basisprocessen, medens mesofile anlæg kræver et selvstændigt hygiejniseringsstrin og dermed to driftstemperaturer med tilhørende varmeveksling og pumpning mv.

Mesofile anlæg kan dog stadig have sin berettigelse på trods af ulemper og bygges stadig. Dette skyldes bl.a. en højere kvælstoftolerance, som kan være nødvendig hvis den foreliggende biomasse er ugunstig eller varierende. Den mesofile proces er også nemmere/hurtigere

at starte op og anses for mere tolerant overfor mindre driftsforstyrrelser eller svigt i kontrolsystemer.

Mesofile anlæg er mere udbredt i udlandet, bl.a. fordi de anses for nemmere at drive. I Danmark er det dog over en længere årrække bevist i praksis at termofile anlæg kan opstartes relativt hurtigt ved podning fra bestående termofile anlæg og at driftsstabilitet kan opnås med hensigtsmæssige og stabile kontrolsystemer.

Det vurderes fordelagtigt mht. gylledelen at bygge et termofilt biogasanlæg, med udrådning ved 52 °C. Dette valg af anlægskoncept for biogasanlægget er begrundet i hygiejniseringskravene for gyllebaserede biogasfællesanlæg, enkel anlægsofbygning og minimering af eget-forbruget af varme til processen.

Gylle skal for fællesanlæg gennemgå en hygiejnisering ved opvarmning til termofil temperatur (52-55 °C, 4 timer garanteret opholdstid) iht. husdyrgødningsbekendtgørelsen.

Størstedelen af biomassen som tilføres anlægget er industriaffald, hvoraf en delmængde kan være kategoriseret iht. EU biproduktforordningen. Det forudsættes ikke, at der modtages kategori 2 – affald, der skal behandles efter den såkaldte metode 1 med krav om findeling til under 50 mm og opvarmning til mindst 133 grader under mindst 3 bar i mindst 20 minutter. Dvs.



der planlægges ikke for, at anlægget kan modtage døde dyr (grise m.v.)

Der er ikke regnet med tilførsel af anden kategori 2 affald end ovenfor nævnte, som iht. EU biproduktforordningen ville kræve hygiejnisering (sædvanligvis 70 °C i min. 1 time). Hvis dette bliver aktuelt senere, vil dette kunne sikres vha. en selvstændig modtage/hygiejniseringslinje for denne type affald, men nødvendig kapacitet skal være relativ stor og ikke uden generende varmebehov. Det vil dog selv uden forhygiejniseringsmodul stadig være muligt at modtage en række ikke kategoriseret affald, primært af vegetabilsk oprindelse.

For at sikre bedst mulig omsætningseffektivitet er bio-

gasanlægget forudsat valgt som et serielt udrådningssanlæg, bestående af et stort primærtrin (ca. 85 % af totalvolumen) og et mindre efterudrådningstrin (ca. 15 % af totalvolumen). Denne opbygning giver samtidig mulighed for at designe anlæg for en garanteret opholdstid på min. 10 timer ved min 52 °C uden meromkostning, som altså er noget bedre end de veterinære mindstekrav for gylle.

Grunden til valg af netop denne kombination er, at den er en af de kombinationer der tidligere i Danmark var defineret ækvivalent til 70 °C x 1 time, og at EU's biproduktforordning i revideret udgave sandsynligvis vil tillade godkendelse fra de nationale myndigheder af sådanne ækvivalente kombinationer i nær fremtid.



7 Teknisk-økonomiske vurderinger

I dette afsnit vurderes de tre anlægskoncepter beskrevet i foregående kapitel i forhold til anlægs- og driftsøkonomi. Det er gjort med udgangspunkt i biomasse-mængder redegjort for i kapitel 2 (biomasse-scenarie 2), samt forventet gasproduktion vist i kapitel 4. Som baggrund for opgørelse af især anlægssomkostninger er anvendt blandt andet rapporten "Økonomien i biogasfællesanlæg – Udvikling og status medio 2002" (Hjort-Gregersen, 2003), samt interview med entreprenør med erfaring i at opføre biogasanlæg i totalenterprise.

7.1 Anlægs- og driftsbudget

I det følgende gennemgås anlægs- og driftsbudgetter for de tre alternativer mht. anlægskoncept.

Posten på 70 mio. kr. for biogasanlægget (se Tabel 15) indeholder jordarbejder, tanke, ensilagelager, bygning, maskinanlæg, el- og SRO-anlæg og interne veje. Bygning indrettes til modtagehal for aflæsning af biomasse, oplagring af biomasse, teknisk udstyr, forsynings- og styringstavler, mindre laboratorium, kontor

for driftsleder og personalefaciliteter. Der er forudsat "normale" funderingsforhold.

Udgifter til byggegrund og byggemodning indeholder køb af byggegrund og tilslutning af el, vand og kloak. Posten rådgivning indeholder udgifter til forprojekt, udbud, design, indgåelse af kontrakter samt advokat. tilsynsudgifter er ikke indregnet.

Det er forudsat, at kommunen tilvejebringer veje og anden infrastruktur (frem til skel), hvorfor der er forudsat, at disse udgifter ikke vil belaste anlægsbudgettet.

De samlede anlægs- og bygherreomkostninger for de tre anlægskoncepter varierer mellem 78,5 mio. kr. og 93,5 mio. kr.

Der er ikke indregnet anlægstilskud fra staten ifølge Grøn Vækst aftalen, da det for nærværende er uklart om projektet opfylder betingelserne for at opnå tilskud. Såfremt dette viser sig muligt vil anlægsgudgifterne i alle 3 anlægstyper blive reduceret med 20%.

Tabel 15. Anlægsbudget for biogasanlæg for tre anlægskoncepter: alternativ A (salg af biogas til CPKelco), alternativ B (salg af opgraderet biogas til naturgasnettet) og alternativ C (salg af el og varme fra eget kraftvarmeværk)

	Alternativ A	Alternativ B	Alternativ C
Omkostning (1000 kr.)			
Anlægssomkostninger			
Biogasanlæg	70.000	70.000	70.000
Gas-opgraderingsanlæg		9.300	
Kraftvarmeanlæg			15.000
Anlægssomkostninger i alt	70.000	79.300	85.000
Bygherreomkostninger			
Byggegrund og byggemodning i alt	3.000	3.000	3.000
Rådgivning	4.000	4.000	4.000
Byggelånsrenter	1.500	1.500	1.500
Bygherreomkostninger i alt	8.500	8.500	8.500
Anlægs- og bygherreomkostninger	78.500	87.800	93.500

Driftsbudget

Der er i beregningerne forudsat, at biogassen afsættes til en pris på 3,79 kr. / m³ metan ved alternativ A og 5,20 kr. / m³ naturgasækvivalent ved alternativ B. Ved alternativ C er der regnet med priser på el og varme på hhv. 760 kr. / MWh el og 300 kr. / MWh varme. Der er forudsat at transport af gylle til anlægget, kørsel af overskudsprodukter fra CPKelco (alternativ C) og transport af udrådnat biomasse varetages af et vognmandsfirma. Der er forudsat, at CPKelco og gylleleverandørerne ikke betaler modtagegebyr.

Prisen på transporten af rågyllen, overskudsprodukter fra CPKelco (alternativ C) og biomasse retur til biomasseaftagerne er opgjort til 26 kr. / ton. Der er forudsat at de landmænd som leverer gylle til anlægget, modtager samme mængde retur. Tankbilen kører således fyldt op begge veje og transporten af denne del indregnes således kun en gang. Der er forudsat 3,5 fuldtidsansatte på anlægget.

7.2 Økonomisk projektvurdering

Som kriterium for vurdering af projektets lønsomhed er valgt en beregning af simpel tilbagebetalingstid samt nettoresultat over en periode på 20 år. Den simple til-

bagebetalingstid er beregnet før finansiering, således at renteudgifter ved den endelige finansiering ikke indgår i beregningen. Dog er renter til byggelån tillagt anlægsinvesteringen.

Der regnes i faste priser, det vil sige, der forudsættes, at alle driftsindtægter og driftsudgifter følger inflationsudviklingen (i gennemsnit over perioden).

Der er i analysen anvendt følgende økonomiske forudsætninger (vist i tabel 17).

Følsomhedsanalyser

Forudsætningerne for projektet er på flere områder opgjort på den sikre side og der er således på følgende områder taget højde for følsomheden i projektets forudsætninger: Der er i biomassegrundlaget regnet med anvendelse af "biomasse scenarie 2" som angivet i afsnit 2.2, hvilket er det mest konservative af de to scenarier. Dette skal ses i betragtning af, at hvis anlæggets biomassegrundlag er større end indregnet, vil anlæggets lønsomhed være bedre.

Der er i udregning af forventet gasproduktion forudsat, at 75 % af metanpotentialet udnyttes. Dette er, som

Tabel 16. Driftsbudget for biogasanlæg

	Alternativ A	Alternativ B	Alternativ C
	Indtægt/udgift (1000 kr./år)		
Indtægter			
Salg af biogas	20.600	25.500	
Salg af el			16.000
Salg af varme			7.300
Indtægter i alt	20.600	25.500	23.300
Udgifter			
Personale	-1.600	-1.600	-1.600
Drift og vedligeholdelse	-1.400	-1.600	-3.100
Hjælpeenergi	-900	-3.800	-900
Råvareudgifter inkl. transport	-3.900	-3.900	-4.800
Diverse	-1.000	-1.000	-1.000
Udgifter i alt	-8.700	-11.900	-11.400
Finansiering			
Renter, afgifter og afdrag ¹	-5.200	-5.800	-6.200
Dækningsbidrag (indtægter minus udgifter)	11.800	13.700	11.900
Simpel tilbagebetalingstid	6,6 år	6,4 år	7,9 år
Dækningsbidrag minus finansiering	6.600	7.800	5.700

Tabel 17. Beregningsforudsætninger for økonomisk projektvurdering

Beregningsforudsætning	% af anlægssum	Alternativ A	Alternativ B	Alternativ C
			1000 kr.	
Egenfinansiering	20	15.700	17.560	18.700
Lånefinansiering	80	62.800	70.240	74.800
I alt	100	78.500	87.800	93.500
Rente på lån	3,00 %			
Afdragsperiode	20 år			

nævnt i afsnit 4, en konservativ opgørelse. Derfor er et højere gasudbytte, og dermed indtægt ved salg af biogas eller el og varme, sandsynligt.

Der er på denne baggrund vurderet projektøkonomiens følsomhed i forhold til tre scenarier for de tre forskellige anlægskoncepter: Anlægsudgifter er 15 % højere end antaget, 10 % lavere indtægter ved salg af energi, udnyttelse af metanpotentiale på 90 % i modsætning til 75 % i basisscenariet.

Resultaterne af de gennemførte økonomiberegninger for basisscenariet samt for følsomhedsanalyserne er vist i Tabel 18.

Kommentarer til økonomivurderinger

Alle tre basisscenarier er økonomisk fordelagtige med relativt korte tilbagebetalingstider. Nettoresultatet er højest for alternativ A og B, hvor der sælges biogas til naturgasnettet. I Tabel 18 ses det, at konceptet er robust i forhold til øgede anlægsudgifter eller lavere energipriser. Alternativ C, hvor der opføres et kraftvarmeanlæg er mest økonomisk robust, idet el fra biogas sælges til en fast pris.

Der er af energiministeriet oplyst, at der i 2011 er planer om at ændre tilskudsreglerne på biogasområdet, således at der gives tilskud afregnet for solgt biogas til naturgasnettet. Dette tilskud er der taget højde for i beregninger

Tabel 18. Økonomisk projektvurdering af basisscenarier og følsomhedsanalyser. Indtægter, udgifter osv. er totalværdier for en periode på 20 år

Scenarie	Indtægter	Udgifter	Renter og afskrivninger	I alt	Simpel tilbagebetalingstid
		Mio. kr.			år
Basisscenarie					
Alternativ A	280	-119	-67	94	6,6
Alternativ B	347	-161	-75	110	6,4
Alternativ C	316	-155	-85	77	7,9
15 % højere anlægsudgifter					
Alternativ A	280	-122	-77	81	7,8
Alternativ B	347	-164	-87	96	7,5
Alternativ C	316	-157	-97	62	9,2
10 % lavere energipriser					
Alternativ A	252	-119	-67	66	8,0
Alternativ B	312	-161	-75	75	7,9
Alternativ C (elpris fast)	307	-155	-85	67	8,4
90 % udnyttelse af metanpotentiale					
Alternativ A	321	-119	-67	136	5,3
Alternativ B	398	-167	-75	156	5,2
Alternativ C	363	-158	-85	121	6,2

af driftsøkonomi vist i dette afsnit, men tilskuddet er ikke vedtaget i skrivende stund. Tilskuddet skulle blive omregnet på niveau med de tilskud som der gives til salg af el-produktion fra biogasanlæg. Der er her taget højde for forventet tilskud blandt andet med brug af informationer omkring dette fra Energistyrelsen, hvor der er regnet på værdi af biogas som erstatter naturgas til kraftvarmeproduktion (Energistyrelsen, 2010).

De vigtigste områder for et fremtidssikret projekt er, at biomassegrundlaget (råvarerne) er sikret og at afsætningen af biogassen er sikret. Der skal laves bindende forhåndsftaler om levering af biomasse og aftagelse af biogas inden anlægsbyggeriet sættes i gang. Der bør tilstræbes at de interessenter som projektets fremtidssikring er afhængig af har et økonomisk engagement i projektet. De fleste biogasprojekter har landmændene, som leverer gylle til anlæggene, i ejerkredsen. Det vil give et godt grundlag for fremtidssikring af projektet at der indgås langtidskontrakter for levering af biomasse til og aftagelse af biomasse fra anlægget, som svarer mindst til anlæggets tilbagebetalingstid. Tilsvarende vil det være fordelagtigt, at der laves langtidskontrakter for aftagelsen af biogas.

I forbindelse med Grøn Vækst aftalen, gives der i dag anlægstilskud til opførelse og udvidelse af eksisterende biogasanlæg i perioden 2010-2013. Der er dog i aftalen stillet som krav, at 75 % af den anvendte biomasse skal udgøres af husdyrgødning. Da dette ikke vil være tilfældet her, er der ikke medregnet anlægstilskud i vurdering af projektøkonomi. Såfremt dette vilkår

ændres, så der åbnes for mulighed for anlægstilskud, vil det medføre en væsentlig forbedring af de økonomiske vilkår for projektet.

Der er her anvendt faste priser som udgangspunkt for økonomisk projektvurdering. Alternativt kunne der have været taget højde for forventet prisudvikling. I Energistyrelsens rapport "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet" er der angivet forventet prisudvikling på energiområdet til og med 2030. Det forventes, at prisen på energi vil stige hurtigere end den øvrige prisudvikling. Prisen på naturgas forventes at stige fra 41,3 kr. / GJ (2007 kr.) i 2010 til 70,4 kr. / GJ (2007 kr.) i 2020. Elprisen forventes ligeledes at stige hurtigere end det øvrige prisniveau. Hvis denne udvikling bliver en realitet, vil biogasanlæggets indtægter stige hurtigere end anlæggets udgifter, hvorfor anlæggets lønsomhed kan forventes at forbedres med tiden.

Konklusion

Opførelse af et biogasanlæg vurderes at være økonomisk fordelagtigt. Med de nuværende energipriser vil simpel tilbagebetalingstid for de tre alternativer i forhold til anlægskoncepter være mellem 6,4 og 7,9 år. Anlægskoncepterne, hvor gas sælges til CPKelco eller naturgasnettet har højst årligt resultat, mens alternativet, hvor der sælges el og varme er mest robust i forhold til prisændringer, da el fra biogas sælges til fast pris. Følsomhedsanalyser viser, at konceptet er robust i forhold til evt. højere anlægsudgifter og lavere energipriser.



8 Miljø og nyttiggørelse

Kapitlet skal belyse udnyttelsen af biogasanlæggets restprodukter og vurdere den samlede miljøeffekt ved etableringen af biogasanlægget. I belysningen af restprodukternes anvendelse fokuseres der især på nyttiggørelsen af kvælstof og fosfor og på størrelsen af det udspretningsareal, der skal være til stede. I miljøvurderingen vurderes især biogasanlæggets samlede betydning for reduktion af drivhusgasserne CO₂ og metan.

8.1 Nyttiggørelse af restprodukter

Restprodukter fra udrådning af biomasse i anlægget vil skulle nyttiggøres ved udspretning på landbrugsarealer som gødning. I denne forbindelse er det undersøgt, hvilke arealkrav der stilles – altså hvor mange hektar landbrugsjord denne udspretning kræver. I

Slambekendtgørelsen (Miljøministeriet, 2003) opstilles maksimumværdier for udspretning af henholdsvis kvælstof (N) og fosfor (P) pr. arealenhed årligt. Disse krav er pt. 170 kg N pr. hektar årligt og 30 kg P pr. hektar årligt.

Da der i denne rapport behandles to scenarier mht. biomassetilførsel (jævnfør afsnit 2.2), udregnes arealkrav for begge scenarier. Næringsstofbalancer for disse scenarier er opstillet i Tabel 19 og Tabel 20. For tang og restprodukter fra CPKelco er anvendt egne analyser af indhold af næringsstoffer, mens der for de øvrige biomasser er anvendt normal.

I Tabel 19 og Tabel 20 er totale mængder N og P tilført anlægget angivet og markeret med fed i nederste række af tabellerne. Den samme mængde N og P vil efter udrådning være i restproduktet, hvorfor arealkravene for de to scenarier findes ved at dele disse tal med den maksimalt tilladte udledning beskrevet ovenfor.

I begge scenarier er det fosfor, der afgør arealkrav. For scenarie 1 skal restproduktet udspreddes på et areal på mindst 4.107 hektar, mens der i scenarie 2 skal udspreddes på mindst 2.619 hektar. Forskellen skyldes især den mindre mængde svinegylle der tilføres i scenarie 2. Som sammenligningsgrundlag kan nævnes det

Tabel 19. Næringsstoffer tilført biogasanlæg for biomasse scenarie 1

Fraktion	Mængde tons/år	Tørstof (TS) %	Tørstof (TS) tons/år	Kvælstof (N) kg/ton TS	Kvælstof (N) tons år	Fosfor (P) kg/ton TS	Fosfor (P) tons/år
Tang	41.800	59	24.578	4,8	117,2	0,69	17,0
Pektin restprodukt	77.000	16	12.335	8,0	98,9	0,74	9,2
Carrageenan restprodukt	7.300	23	1.711	4,5	7,7	0,13	0,2
Slam fra vandrensning	10.300	20	2.060	42,0	86,5	7,97	16,4
Svinegylle	66.300	7	4.508	66,2	298,4	16,18	72,9
Kvæggylle	4.100	9	381	55,9	21,3	9,68	3,7
Hestegødning	440	48	211	58,3	12,3	17,92	3,8
Grødeskær	85	31	26	4,8	0,1	0,7	0,0
Total	207.325	22	45.812	14,0	642,4	2,69	123,2

^a: Vægtet gennemsnit

samlede dyrkede areal i Region Sjælland: 474.124 hektar (Danmarks Statistik, 2009).

8.2 Miljøvurdering

Etableringen af et biogasanlæg vil byde på en række miljøfordele, hvor især skal nævnes følgende:

Tangproblem: Biogasanlægget vil mindske problemer med lugtgener ved stranden fra tang og alger, ved at fjerne tangen og bruge det i et biogasanlæg

Klimaproblem: Biogasanlægget vil bidrage til at løse klimaproblemet. Ved at bruge tangen sammen med andre biomasserestprodukter i et biogasanlæg, vil man bidrage til at reducere brugen af fossil energi til elektricitet og varme

Havforurening: Biogasanlægget vil endvidere løse et problem med havforurening. Ved at fjerne tangen vil Køge Bugt blive mindre belastet af næringsstoffer, som i dag er et stort problem for vandmiljøet

Næringsstoffer: Biogasanlægget vil bidrage til nyttige næringsstoffer. Fra biogasanlægget kommer der udover biogas også restprodukter, som kan anvendes til gødningsformål til erstatning for kunstgødning, som typisk ellers fremstilles ved brug af fossil energi

Der er tre væsentligt miljøproblemer indeholdt i de fire

nævnte områder, dels næringsstoffer i havmiljøet, dvs. belastningen af Køge Bugt med næringsstoffer, og dels klimaproblemet, dvs. udledningen af drivhusgasser. De skal belyses nærmere.

Havforureningen

Af Tabel 20 fremgår det, at indsamlingen og anvendelsen af tang vil kunne føre til en fjernelse på op til 62 tons kvælstof og 9 tons fosfor fra kysten, altså fra Køge Bugt. Det er en betydelig størrelse i sammenligning med målsætningen i de nye vandplaner, hvor der i udkastet til planen for Køge Bugt nævnes en reduktion på minimum 86,2 tons kvælstof og 5,9 tons fosfor. Målsætningen gælder frem til 2015 (Miljøministeriet, 2010). Indsamlingen af tang i forbindelse med etableringen af et biogasanlæg vil i scenarie 2 (jvf. Tabel 20) kunne indfri godt 72 % af reduktionskravet for kvælstof og fuldt ud indfri reduktionskravet for fosfor. Hvis mængderne forøges som i scenarie 1 (Tabel 19) vil man fuldt ud kunne opfylde målsætningen i 2015 og yderligere bidrage til en betydelig reduktion for årene efter 2015.

Næringsstoffer

Af Tabel 20 fremgår det endvidere, at de anvendte råvarer vil føre til, at restproduktet fra biogasanlægget vil indeholde knap 410 tons kvælstof og knap 78 tons fosfor. Det betyder ikke alene recirkulering af næringsstoffer, men det medfører også en reduktion af driv-

Tabel 20. Næringsstoffer tilført biogasanlæg for biomasse scenarie 2

Fraktion	Mængde tons/år	Tørstof (TS) %	Tørstof (TS) tons/år	Kvælstof (N) kg/ton TS	Kvælstof (N) tons/år	Fosfor (P) kg/ton TS	Fosfor (P) tons/år
Tang	22.200	58,8	13.054	4,8	62,2	0,69	9,0
Pektin restprodukt	77.000	16,0	12.335	8,0	98,9	0,74	9,2
Carrageenan restprodukt	2.400	23,4	563	4,5	2,5	0,13	0,1
Svinegylle	49.700	6,8	3.380	66,2	223,7	16,18	54,7
Kvæggylle	3.100	9,3	288	55,9	16,1	9,68	2,8
Hestegødning	330	48,0	158	58,3	9,2	17,92	2,8
Grødeskær	85	31,0	26	4,8	0,1	0,7	0,0
Total	154.815	19,3	29.804	13,9	412,8	2,64	78,6

^a: Vægtet gennemsnit

husgasser ved fremstilling og indvinding af næringsstoffer i en størrelsesorden på 3.000 tons.

Drivhusgasser

Etableringen af et biogasanlæg betyder både en reduktion i drivhusgasser gennem produktion af den CO₂-neutrale biogas og af restprodukterne. Det betyder imidlertid også en forøgelse af drivhusgasserne bl.a. ved brug af fossil energi til transport og ved indkøb af elektricitet fra nettet.

Miljøfordele består især i, at fremstilling og brug af biogas fortrænger brugen af f.eks. naturgas eller fyringsolien. Miljøfordelen handler således især om fortrængning af forskellige fossile energiformer. Vurderingen er derfor i princippet baseret på den såkaldte baselinemetode. Det første spørgsmål er, hvordan ser situationen ud i dag (baselinen), og det næste spørgsmål er: hvor meget ændrer vi på denne baseline ved at etablere et biogasanlæg, og hvilke miljøfordele og miljøulempere dette indebærer. For at få et samlet overblik over drivhusgasserne tages der udgangspunkt i følgende system og systemgrænser:

Der tages udgangspunkt i scenarie 2, dvs. i en samlet tilførsel af biomasse til biogasanlægget på 154.705 tons, jvf. Tabel 14.

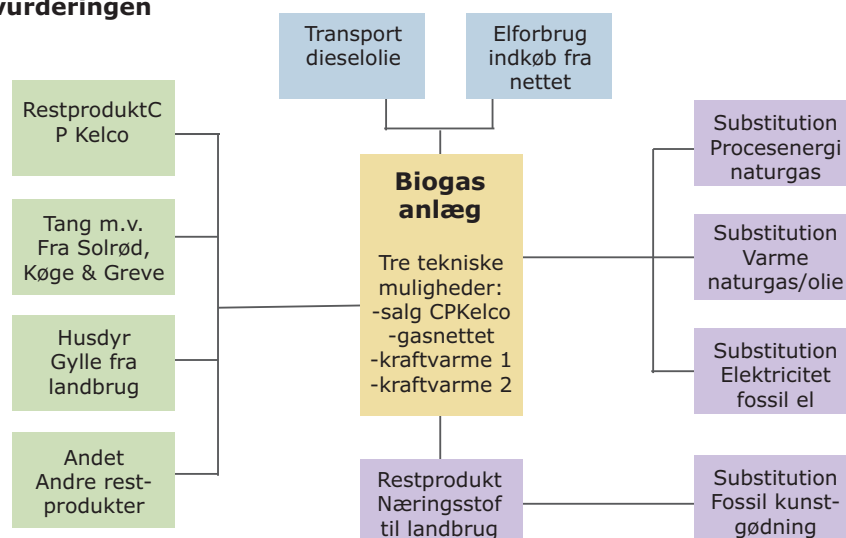
Som nævnt i afsnit 6 om anlægskonceptet analyseres

der tre forskellige muligheder for afsætningen af biogas. De tre muligheder giver forskellige effekter på drivhusgasserne og deres reduktion. Disse muligheder består af følgende:

- A: Salg af biogas til CPKelco. Biogasanlægget er placeret ved eller i nærheden af CPKelco's fabriksanlæg. Dette alternativ giver en reduktion af drivhusgasudledninger med 30.460 tons.
- B: Salg af biogas til naturgasnettet. Dette alternativ forudsætter en opgradering af biogassen. Beregningsmæssigt er der også her taget udgangspunkt i, at biogasanlægget er placeret ved eller i nærheden af CPKelco's fabrikalæg. Dette alternativ giver en reduktion af drivhusgasudledninger med 25.280 tons.
- C: Etablering af eget kraftvarmeanlæg med produktion af el og fjernvarme. I alternativet er der regnet med en placering af biogasanlægget med kraftvarme i et nærliggende område, men dog i en sådan afstand, at det vil kræve transport på lastbil af råmaterialet fra CP Kelco. I alternativet produceres der elektricitet, som fortrænger anden elektricitet. I C-alternativet er der regnet med, at fortrængningen beregnes med den gennemsnitlige drivhusgasudledning i det sjællandske energisystem. Dette alternativ giver en reduktion af drivhusgasudledninger med 31.980 tons.
- D: Samme alternativ som C, men der regnes med,

Systemgrænser for miljøvurderingen

Figur 19. Oversigt over de elementer, som indgår i miljøvurderingen af drivhusgasserne ved etableringen af et biogasanlæg



at elektriciteten fra biogasanlægget fortrænger elektricitet, baseret på kul. Denne betragtningsmåde er ikke mindst blevet aktuelt efter de offentliggjorte planer om omstilling væk fra kullet. Dette alternativ giver en reduktion af drivhusgasudledning med 40.140 tons.

Den samlede fordeling af drivhusgasreduktionerne, fordelt på de forskellige effekter, fremgår af figur 20:

Etableringen af biogasanlægget betyder både minusser og plusser i drivhusregnskabet. Minusserne er på figuren angivet som størrelser under strengen, og de er fordelt på indkøb af elektricitet fra nettet og dieselolie til lastbiler. Minusserne er mindst for alternativ A (i alt 1.135 tons), af mellemstørrelsen for alternativ C og D (i alt 1.478 tons), og størst for alternativ B (3.106 tons). Heldigvis opvejes minusserne i drivhusgasregnskaberne af en betydelig reduktion for alle alternativer. Disse reduktioner skal kort gennemgås i det følgende.

Selve biogasanlægget

Gasproduktionen på 5.427.700 m³ metan vil svare til en produktion på i alt 60.031 MWh (Jørgensen, 2009). Denne produktion medfører et eget energiforbrug på 774 MWh elektricitet og et varmekonsum på 2.632 MWh. Dækningen af dette varmekonsum afhænger af, hvilket alternativ der vælges, og dækningen af varmekonsumet behandles nedenfor. Elektriciteten indkøbes

fra nettet, hvor den gennemsnitlige udledning af drivhusgas i 2009 var 490 gram pr. kWh (DONG, 2010). Det svarer til en drivhusgas udledning for det indkøbte el på 379 tons.

Salg af biogas til CP Kelco – alternativ A

Der sælges i alt 60.031 MWh biogas, som erstatter den naturgas, der i dag anvendes på anlægget. Naturgas har en drivhusgas udledning på 204,32 gram pr. kWh, hvilket betyder en reduktion af drivhusgasudledningen med 12.266 tons, netop fordi naturgassen fortrænges af biogassen.

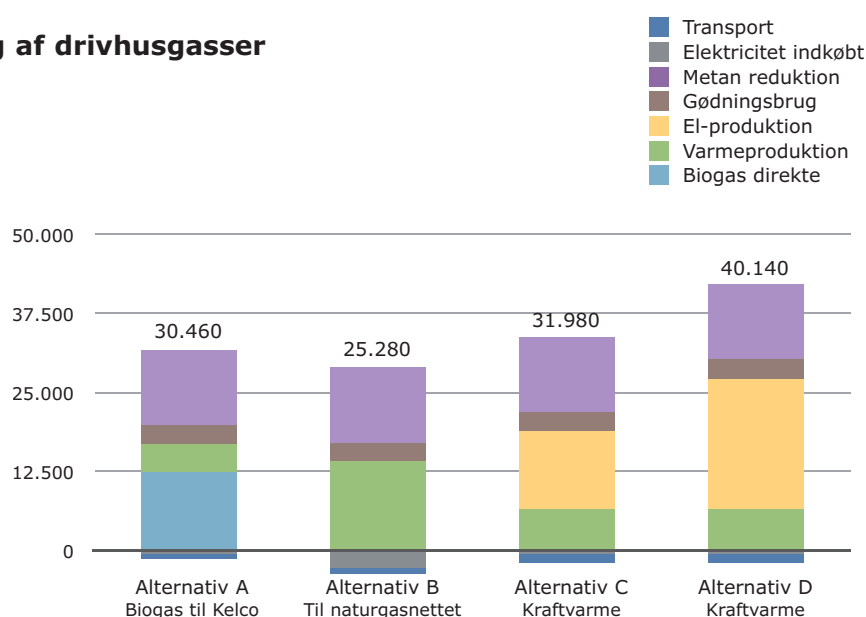
Anvendelsen af biogassen på CPKelco vil resultere i en CO₂-neutral rest- eller overskudsvarme. Det antages, at 1/3 af den tilførte biogas vil resultere i en CO₂-neutral overskudsvarme, svarende til 20.010 MWh. Heraf anvendes 2.632 MWh til dækning af biogasanlæggets eget varmekonsum, medens den resterende mængde på 17.379 MWh anvendes til fjernvarme. Det forudsættes, at denne fjernvarme bruges til at erstatte opvarmning med fyringsolie. Fyringsolien udleder 266,4 gram drivhusgas pr. kWh, og derfor fortrænges der 4.630 tons drivhusgasser ved anvendelsen af den overskudsvarme, som stammer fra biogassen.

Transporten består i transport til anlægget (tang og gylle) og borttransport af restprodukt. Til anlægget transporteres der 7.400 tons tang med en forventet

Reduktion af udledning af drivhusgasser

Tons CO₂ ialt

Figur 20.
Reduktion i udledningen af drivhusgasser i de fire forskellige alternativer, opdelt på de forskellige elementers bidrag til reduktionen



kørsel på 12 km (inkl. brændstofforbrug ved indsamlingen). Endvidere transporteres 53.215 tons svinegylle, kvæggylle, hestegødning og grødeskær med en gennemsnitlig transport på 8 km.

Fra anlægget transporteres et restprodukt på 99.346 tons, svarende til et tørstofindhold på 30 %. Her forventes også en gennemsnitlig transport på 8 km. Det tilførte materiale har en gennemsnitlig tørstofprocent på godt 19 %, så der regnes med en mindre afvanding. Der forventes et samlet transportbehov på i alt 1.309.287 tonkm, hvor der regnes med en drivhusgasudledning på 721 gram pr. tonkm, eller i alt 944 tons CO₂.

Samlet drivhusgasreduktion er på 30.460 tons med dette alternativ.

Salg af biogas til naturgasnettet – alternativ B

Udgangspunktet er en biogasmængde på 60.031 MWh. Biogassen oprenses og sendes ind i naturgasnettet. Det forudsættes, at der til oprensningen anvendes 0,5 kWh pr. m³ biogas (Energistyrelsen, 2010), (Jensen, 2009). Det svarer til et elforbrug på 4.523 MW, som beregnes som indkøbt elektricitet med en drivhusgasudledning på 490 gram pr. kWh. Det svarer til 2.216 tons drivhusgasser.

Det er muligt at genindvinde overskudsvarme fra

opgraderingen af biogassen, som dog afhænger af valg af teknologi. Efter det oplyste (Jensen, 2009) antages det, at der kan genindvindes 40 % af energien fra elforbruget til opgraderingen, hvilket svarer til 1.809 MWh overskudsvarme. Da anlæggets eget forbrug af varme er på 2.632 MWh, mangler der 823 MWh til dækning af det resterende eget varmekonsum. Beregningsteknisk fraregnes det mængden af biogas, hvorefter der er 59.209 MWh biogas til rådighed til erstatning for fossile brændsler.

Biogassen anvendes ligeligt til fortrængning af henholdsvis naturgas og fyringsolie, hvorefter der fortrænges 29.604 MWh naturgas med en emissionsfaktor på 204,32 gram pr. kWh, svarende til en reduktion af udledningen af drivhusgas på 6.049 tons. Tilsvarende fortrænges der 29.604 MWh fyringsolie med en emissionsfaktor på 266,4 gram pr. kWh, eller en reduktion af drivhusgasudledningen med 7.887 tons.

Transporten svarer til det foregående alternativ, og den består i transport til anlægget (tang og gylle) og borttransport af restprodukt. Til anlægget transporteres der 7.400 tons tang med en forventet kørsel på 12 km. Endvidere transporteres 53.215 tons svinegylle, kvæggylle, hestegødning og grødeskær med en gennemsnitlig transport på 8 km.

Fra anlægget transporteres et restprodukt på 99.346



tons, svarende til et tørstofindhold på 30 %. Her forventes også en gennemsnitlig transport på 8 km. Det tilførte materiale har en gennemsnitlig tørstofprocent på godt 19 %, så der regnes med en mindre afvanding. Der forventes et samlet transportbehov på i alt 1.309.287 tonkm, hvor der regnes med en drivhusgas udledning på 721 gram pr. tonkm, eller i alt 944 tons CO₂.

Samlet drivhusgasreduktion er på 25.280 tons med dette alternativ B.

Etableringen af eget kraftvarmeanlæg – alternativ C
Udgangspunktet er en biogasmængde på 60.031 MWh, som anvendes på et motoranlæg (gasmotor med generator) til produktion af elektricitet og varme. Der regnes med en elvirkningsgrad på 42,5 % og en varmekvirkningsgrad på 49,5, og altså en samlet virkningsgrad på 92 %, svarende til gennemsnitstallene for 2010 (Energistyrelsen, 2010).

Det betyder en elproduktion på biogas på 25.513 MWh og en vareproduktion på 29.716 MWh. Elektriciteten sælges til nettet, og fortrænger anden produceret elektricitet. Der regnes her med, at den producerede elektricitet fortrænger gennemsnitselektricitet i det sjællandske elsystem, hvor drivhusgas udledningen er 490 gram pr. kWh. Elproduktionen svarer derfor til en reduktion af drivhusgasserne med 12.502 tons.

Varmeproduktionen på kraftvarmeanlægget vil som nævnt være på 29.716 MWh, heraf fradrages eget varmemeforbrug på 2.632, hvorefter der er 27.084 MWh til videresalg. Det forudsættes, at den ene halvdel erstatter naturgas og den anden halvdel erstatter fyringsolie. Med en emissionsfaktor pr. kWh på 204,32 gram for naturgas og 266,4 for fyringsolie svarer det til en drivhusgas reduktion på 6.374 tons.

Transporten består i transport af alle råmaterialer til anlægget og borttransport af restprodukt. Til anlægget transporteres der 7.400 tons tang med en forventet kørsel på 12 km. Endvidere transporteres 137.615 tons pektin, carrageenan, svinegylle, kvæggylle, hestegødning og grødeskær med en gennemsnitlig transport på 8 km.

Fra anlægget transporteres et restprodukt på 99.346 tons, svarende til et tørstofindhold på 30 %. Her forventes også en gennemsnitlig transport på 8 km. Det tilførte materiale har en gennemsnitlig tørstofprocent

på godt 19 %, så der regnes med en mindre afvanding. Der forventes et samlet transportbehov på i alt 1.944.487 tonkm, hvor der regnes med en drivhusgas udledning på 721 gram pr. tonkm, eller i alt 1.402 tons CO₂.

Samlet drivhusgasreduktion er på 31.980 tons med dette alternativ C.

Etableringen af eget kraftvarmeanlæg – alternativ D
Alternativet er teknisk identisk med det foregående alternativ C. Den eneste forskel er en beregningsmæssig forskel i forhold til elproduktionens effekt på drivhusgas udledningen. Ved anvendelse af biogassen på et kraftvarmeanlæg forventes der produceret 25.513 MWh. Elektriciteten sælges til nettet, og der regnes med, at den CO₂-neutrale biogaselektricitet fortrænger kulproduceret el, hvor der regnes med, at produktionen fortrænger det kulanlæg, som har den største drivhusgas udledning i det sjællandske elsystem. Den største emission er på 810 gram pr. kWh ved kondensdrift (dvs. uden udnyttelse af overskudsvarme). Det er rimeligt at antage, at produktionen af el på biogas lukker eller fortrænger det dårligste kulanlæg. Under denne forudsætning vil elproduktionen føre til en reduktion af drivhusgasudledningen på 20.666 tons pr. år.

Transportforholdene er identisk med det foregående alternativ C, idet alle råmateriale transporteres til biogasanlægget.

Samlet drivhusgasreduktion er på 40.140 tons med dette alternativ.

Afgasning af metan fra henlagt eller ubenyttet organisk materiale

Udnyttelsen af organisk materiale i et biogasanlæg vil reducere den mængde metan, der ukontrolleret dannes ved, at organisk materiale henlægger eller henstår ubenyttet eller ubenyttet i kortere eller længere tid. I den udstrækning biogasanlægget bidrager til, at den ukontrollerede metandannelse reduceres, skal det regnes til biogasanlæggets fordel.

Dannelsen af metan er vanskeligt at estimere, fordi den afhænger af en række forhold, hvor især må nævnes mængden af nedbrydeligt organisk kulstof (let omsættelig), af iltforholdene og af temperaturen. Der er derfor anvendt et groft estimat for metandannelsen ved ikkeudnyttet, henlagt organisk materiale,

baseret på opgørelsesmetoder i den danske årlige drivhusgasopgørelse (Danmarks Miljøundersøgelser, 2009). I den danske drivhusgasoversigt er der angivet, at forskellige former for henlagt organisk affald kan opgøres til 955.600 tons, som skønnes at have resulteret i en metandannelse på 50.600 (Danmarks Miljøundersøgelser, 2009). Disse tal anvendes til at estimere metandannelsen på de fraktioner, som skal benyttes i biogasanlægget, og som ellers vil henstå eller henlægges i kortere eller længere tid. Udgangspunktet er 29.804 tons, som er tørstofmængden af det forventede tilførte materiale. Det antages endvidere, at de naturbetingede mængder (tang og grødeskær) henlægges i gennemsnit et halvt år, hvorfor mængderne skal divideres med 2, og at de produktionsbetingede mængder (pektin, carrageenan, svinegylle, kvæggylle og hestegødning) henlægges eller henstår ca. et kvart år, hvorfor mængderne skal divideres med 4. De tilførte mængder reduceres på den måde til 10.721 tons.

Efter opgørelsen i DMU's rapport må der derfor forventes en emission på 568 tons metan, hvis materialet ikke tilføres et biogasanlæg. Metan har en meget højere drivhusgaseffekt. Metanmængden skal ganges med faktor 21 for at svare til effekten af CO₂. De 568 tons metan svarer derfor til 11.921 tons CO₂.

Næringsstoffer fra biogasanlægget

Biogasanlægget resulterer i restprodukter, som bl.a. indeholder næringsstofferne kvælstof og fosfor. Af Tabel 20 fremgår, at der kan regnes med knap 410 tons kvælstof og knap 78 tons fosfor. Disse næringsstoffer vil fortrænge brugen af de samme næringsstoffer, som er indvunden, fremstillet og transporteret ved brug af fossile energikilder.

Europæiske gennemsnitstal viser, at fremstillingen af 1 kg kvælstof resulterer i godt 7,031 kg CO₂, og at fremstillingen af 1 kg fosfor resulterer i en udledning af 1,052 kg CO₂ (Wood & Cowie, 2004).

Det betyder, at anvendelsen af biogasanlæggets restprodukter vil reducere drivhusgasserne med 2.962 tons ved fortrængning af fossilt baseret kunstgødning, fordelt med 2.881 tons fra fortrængningen af kvælstof og 82 tons fra fortrængningen af fosfor.

Fordelingen af drivhusgasreduktionen

Reduktionen af drivhusgasser indgår i forskellige sammenhænge. *National* vil reduktionen indgå i Danmarks

drivhusgas regnskab, som en reduktion i brugen af fossile energikilder, og som en reduktion i drivhusgasser (metan) fra organisk affald. Reduktionen ved skift fra fossil baseret kunstgødning til næringsstofferne i restproduktet vil dog næppe indgå i det nationale regnskab, men i det lands regnskab, hvor kunstgødningen er produceret.

For kvotebelagte *virksomheder* – CP Kelco, varmeværker og kraftværker – vil reduktionen indgå som en reduktion i forbruget af CO₂-kvoten enten ved at biogassen brugs direkte (som i Alternativ A) eller ved, at f.eks. kraftværkerne producerer mindre elektricitet på kul (som i Alternativ C og D), eller ved at naturgasselskaberne sælger mindre naturgas og mere biogas (som ved Alternativ B). Der er ikke tale om dobbelt regnskab, men to forskellige opgørelser på nationalt- og virksomhedsniveau, som for Danmarks vedkommende i princippet udarbejdes årligt, og som for virksomhederne baseres på løbende indberetninger og årlige opgørelser.

For de berørte *kommuner* er fordelingen lidt mere kompliceret. De fleste kommuner og alle de tre berørte – Solrød, Greve og Køge – arbejder med Borgmesterpagten. Borgmesterpagten er en frivillig aftale mellem kommunen og EU om at etablere en handlingsplan for vedvarende energi, som skal medføre en reduktion af CO₂-udledningen på mindst 20 % i 2020. I overensstemmelse med anbefalingerne udarbejdes der en baseline, som viser hvor stor den aktuelle udledning af drivhusgasser er og hvordan den forventes at udvikle sig, hvis der ikke gøres noget frem til år 2020. Udarbejdelsen af en baseline er meget arbejdskrævende, så den udarbejdes ikke årligt, men bruges som udgangspunkt for den fremtidige indsats. Indsatsen vil typisk bestå i en række projekter, som reducerer drivhusgasemissionen. Reduktionens omfang for de iværksatte projekter vurderes på forhånd, og opgøres årligt, hvorefter der konstateres en løbende reduktion i den oprindelige samlede udledning af drivhusgasser.

Problemstillingen er herefter: Hvordan fordeles drivhusgasreduktionen i projekter, som går på tværs af kommunegrænser? Der kan tænkes to forskellige principper: 1) *Fordeling efter lokalitet*. Der er tre lokaliteter, som spiller en rolle for reduktionen af drivhusgasser, jvf. Figur 19: Ressourcelokaliteten, biogasanlæggets lokalitet og lokaliteten for anvendelsen af biogasproduktionen.

- 2) *Fordeling efter initiativ.* Drivhusgasreduktionen tilskrives den, der tager initiativet til forundersøgelse og etablering af anlægget.

I opgørelsen og fordelingen af drivhusgasreduktionen fra et biogasprojekt er det næppe relevant alene at tage udgangspunkt i anlæggets fysiske placering, fordi som belyst i det foregående fremkommer drivhusgasreduktionen både fra indsamling og anvendelsen af ressourcer og anvendelsen af biogassen.

Over de senere år er fordeling efter initiativ blevet meget almindeligt indenfor virksomhedsområdet, og som også er baseret på anbefalinger i den såkaldte drivhusgas protokol (GHG Protocol). Eksempelvis medfinansierer en større medicinalvirksomhed etableringen af havvindmøller og fratrækker en del af drivhusgasgevinsten i virksomhedens drivhusregnskab. Det vigtige i denne sammenhæng er, at der ikke sker en dobbelt tælling af reduktionen.

Lignende synspunkter findes også i f.eks. Københavns Klimaplan, hvor godt 1 mill. tons CO₂-reduktion frem mod 2025 forventes tilvejebragt gennem initiativer, iværksat udenfor kommunen. Princippet er også anvendt i EU's vedvarende energidirektiv for tværnationale projekter.

Det er nødvendigt at afklare og få aftalt, hvordan

reduktionen af drivhusgasserne fra biogasprojektet skal fordeles mellem de berørte kommuner, hvor der kunne anvendes elementer fra begge de ovenfor nævnte principper, eksempelvis, så den reduktion, der er knyttet til lokaliteten (f.eks. reduktion af metan) indregnes i de respektive kommuner, og at den resterende tilregnes initiativkommunen.

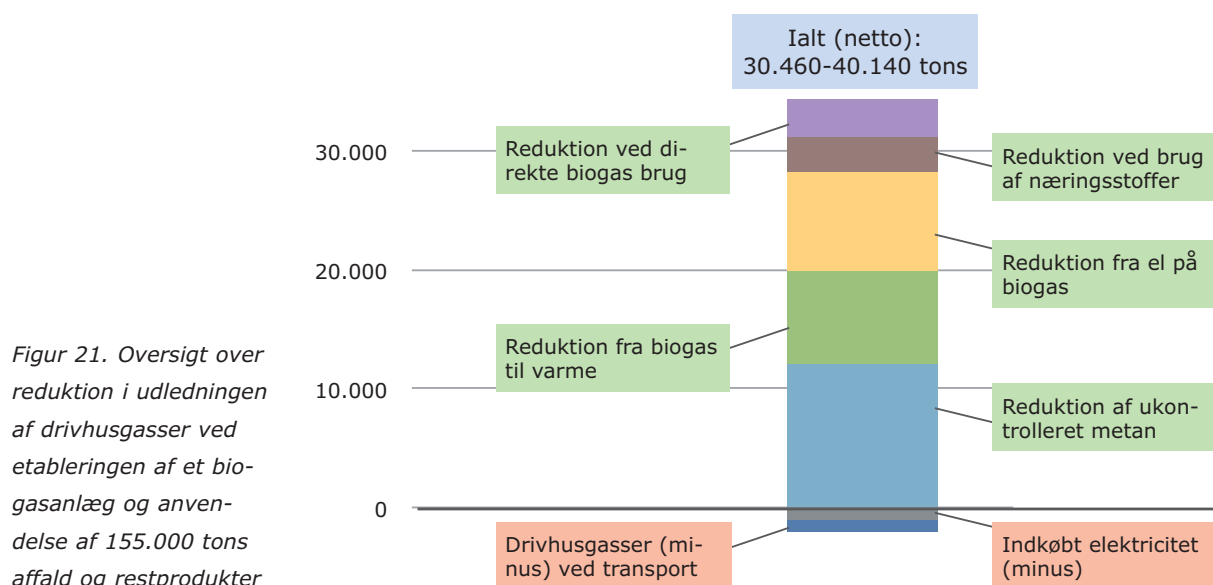
Sammenfatning

Der kan opnås en betydelig miljømæssig effekt ved etableringen af et biogasanlæg, baseret på de nævnte råmaterialer. Biogasanlægget bidrager til at løse problemer med lugtgener fra tang og alger på stranden og bidrager også med nyttige næringsstoffer, som ellers vil gå tabt. På to områder er der tale om en meget betydelig miljømæssig effekt, som især skal fremhæves.

For det første kan biogasanlægget ved anvendelsen af tang og alger fra stranden bidrage væsentligt til det reduktionskrav, som er formuleret for Køge Bugt i de nye vandplaner. Biogasanlægget alene kan bidrage til 72 % af reduktionskravet for kvælstof i Køge Bugt og en fuld indfrielse af reduktionskravet for fosfor.

For det andet betyder etableringen af biogasanlægget en væsentlig reduktion af drivhusgasudledningen, fordi man erstatter brugen af fossil energi til elektricitet, damp og varme, samt til fremstilling af næringsstoffer til landbruget. Analyserne viser en reduktion på mellem

Reduktion af udledning af drivhusgasser



25.280 tons til 40.140 tons, afhængig af hvilke alternativer, der vælges ved placering og indretning af biogasanlægget. Resultaterne er sammenfattet i nedenstående figur:

Figur 21 viser fordelingen på de forskellige drivhusgas-effekter ved etablering af biogasanlægget. Figurens tal er et gennemsnit af de fire foregående nævnte alternativer.

Reduktionen af drivhusgasudledningerne vil i sagens natur være et resultat af en indsats i alle tre berørte kommuner. Det er nødvendigt med en nærmere aftale om en fordeling af reduktionerne med udgangspunkt i de initiativer, der fører til etableringen af biogasanlægget, som er selve forudsætningen for at opnå reduktionerne.



© Lemvig Biogas

9 Socioøkonomi

Det foreslåede biogasanlæg vil beskæftige 3-4 personer og genere en økonomiske aktivitet på 20-25 mill. kr, svarende til anlæggets forventede indtægt. Den største socioøkonomiske effekt er imidlertid ikke ved etableringen af anlægget, men den omstændighed at tilsvarende anlæg vil kunne bygges andre steder i Region Sjælland, men også andre steder, hvor der er tilsvarende problemstillinger og potentialer.

Potentialerne for udnyttelsen af tang i andre områder af Region Sjælland er ikke nærmere undersøgt i denne sammenhæng. Baseret på svenske undersøgelser

(Detox 2007) er der imidlertid grund til at antage, at der vil være et betydeligt potentiale for at udnytte og bortskaffe tang fra en række andre kyster i Region Sjælland. En række andre undersøgelser har godtgjort, at der findes et betydeligt gyllepotentiale i regionen, og at der også er muligt at tilvejebringe anden organisk materiale til biogasanlæggene. Tilsvarende anlæg vil derfor uden tvivl kunne bygges andre steder i regionen.

Den type af anlæg vil også kunne anvendes mange andre steder i verden. Den stigende globale efterspørg-



sel efter biomasse til energiformål skaber et enormt erhvervsmæssigt potentiale ikke bare for nye energiteknologier, men også en stigende efterspørgsel efter videreudvikling og tilpasning af eksisterende energiteknologier indenfor nye områder, som fører til udvidelsen af anvendelsesområdet, forøgelse af ressourcepotentialet og til en række flersidige fordele af miljømæssig og energimæssig karakter.

Det foreslåede biogasanlæg og dets ressourcegrundlag viser, at den eksisterende biogasteknologi kan tilpasses til nye anvendelsesområder. Det vil positivt bidrage til

udviklingen af flere regionale arbejdspladser, og også bidrage til viden og ekspertise udvikles og etableres i regionens vidensinstitutioner.



10 Konklusion og oplæg til Fase 2

Med restprodukter fra pektin og carrageenan produktion, tang fra strandrensning og husdyrgødning som råmaterialer, er der økonomisk sund basis for at etablere et biogasanlæg, der kan levere CO₂ neutral energi. Undersøgelsen viser, at den producerede gas enten vil kunne afsættes f.eks. i naturgasnettet, men at der også vil være grundlag for at etablere et kraftvarmeanlæg, der kan producere el og varme til fjernvarmenettet.

En høj metandannelse pr. ton tilført materiale, samt at hovedparten af materialet der vil udrådnes i anlægget kan afhentes fra én lokalitet året rundt, er medvirken- de til at skabe et økonomisk solidt grundlag for etablering af et biogasanlæg. I undersøgelsen er fastlagt et biomassegrundlag, der er egnet til dimensionering.

Vurdering af miljøforhold ved etablering af et biogasanlæg viser at dette vil medføre fire væsentlige miljøfor- dele: Reduktion af lugtgener og andre gener forbundet med tang på strandarealer, reduktion i udledning af drivhusgasser, forbedring af havmiljøet i Køge Bugt og

udnyttelse af næringsstoffer i tang og restprodukter fra pektinproduktion til gødningsformål.

Der anbefales to placeringsmuligheder af biogasanlæg- get, der begge er i nærhed af virksomheden CPKelco. Dette skyldes hensyn til transportomkostninger, da der vil skulle transporteres store mængder materiale fra denne virksomhed til biogasanlægget. Den teknisk-øko- nomiske optimale placering er som nabo til CPKelco syd for denne virksomhed.

Opførelse af et biogasanlæg vil være økonomisk fordelag- tigt. Med de nuværende energipriser vil simpel tilbagebe- talingstid for de tre alternativer i forhold til anlægskon- cepter være mellem 6,4 og 7,9 år. Anlægskoncepterne, hvor gas sælges til CPKelco eller naturgasnettet har højst årligt resultat, mens alternativet, hvor der sælges el og varme er mest robust i forhold til prisændringer, da el fra biogas sælges til fast pris. Følsomhedsanalyser viser, at konceptet er robust i forhold til evt. højere anlægsudgif- ter eller lavere energipriser.



Før etableringen af et biogasanlæg realiseres, anbefales det at der i Fase 2 undersøges følgende:

1. Endeligt anlægskoncept, herunder forprojekt, valg af udbudsform og færdiggørelse af udbudsmateriale
2. Selskabsdannelse, herunder ejerkreds, selskabsform, organisering, stiftelse af selskab og økonomisk grundlag
3. Yderligere udnyttelse af biomasse
4. Godkendelse hos myndigheder i henhold til miljøbeskyttelseslov, varmeforsyningslov, planlov, byggelov, landbrugslov og biproduktforordning
5. Tilskudsansøgning
6. Kontraktgrundlag, herunder leverandøraftaler, aftagere af biogas og restprodukter fra biogasanlægget
7. Placering af anlæg, herunder aftaler om grund, tilkørselsforhold og forsyningsledninger
8. Yderligere erfaringsopsamling mht. metode og udstyr til indsamling, forbehandling og transport af tang fra strandene



Referencer

- Biogassekretariatet. (2010). *Biogasanlæg placering-shensyn. Oversigt hentet 10-6-2010 fra <http://www.blst.dk/LANDSKABET/Kommuneplan/Biogas-sekretariatet/>. Miljøministeriet, By- og Landskabsstyrelsen.*
- Danmarks Arealinformation. (2010). *Kort dannet fra <http://kort.arealinfo.dk/>. Kort & Matrikelstyrelsen.*
- Danmarks Miljøundersøgelser. (2009). *Denmark's National Inventory report 2009. Emission Inventories 1990-2007 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change.* Århus Universitet.
- Detox AB. (2007). *Tang och alger som en naturresurs och förnyelsebar energikälla – Rapport Steg 1.*
- Deublein, D., & Steinhauser, A. (2008). *Biogas from waste and renewable resources – An introduction.* ISBN: 978-3-527-31841-4: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- DONG. (2010). *Generel Deklaration 2009, Østdanmark.* DONG.
- Energistyrelsen. (juni 2010). *Konferencepræsentation: Økonomi og beslutningsgrundlag. Biogas 2020: Fra ambitiøst mål til lokal praksis.* v. Søren Tafdrup.
- Energistyrelsen. (2010). *Technology Data for Energy Plants.* Energistyrelsen.
- Europaparlamentet. (2002). /17/ Europa-parlamentets og Rådets forordning (EF) om sundhedsbestemmelser for animalske biprodukter, som ikke er bestemt til konsum, nr. 1774/2002 af 3/10 2002.
- Fødevareministeriet. (2010). *Bekendtgørelse af lov om landbrugsejendomme (Landbrugsloven), Lovbekendtgørelse nr. 1202 af 09/10 2007.*
- Hansen, T. L., Schmidt, J. E., Angelidaki, I., Marca, E., la Cour Jansen, J., Mosbæk, H., et al. (2004). *Method for determination of methane potentials of solid organic waste. Waste Management 24, 4 , 393-400.*
- Hjort-Gregersen, K. (2003). *Økonomien i biogasanlæg - Udvikling og status medio 2002.* Fødevareøkonomisk Institut.
- Jensen, T. K. (September 2009). *Opgradering af biogas til naturgaskvalitet. Gasteknik .*
- Jørgensen, P. J. (2009). *Biogas – grøn energi. Proces, Anlæg, Energiforsyning, Miljø.* Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.
- Kjær, T. (2010). *Biogas potentialer i Roskildeområdet – Opgørelser af forventede potentialer.* Roskilde Universitet.
- Miljøministeriet. (2006). /9/ Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1666 af 14/12 2006 om kontrol med risikoen for større uheld med farlige stoffer.
- Miljøministeriet. (2010). *Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse (Miljøbeskyttelsesloven), Lovbekendtgørelse nr. 1757 af 22/12 2006.*
- Miljøministeriet. (2009). *Bekendtgørelse af lov om planlægning (Planlov), Lovbekendtgørelse nr. 813 af 21/06 2007.*
- Miljøministeriet. (2003). *Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål (Slambekendtgørelsen).*
- Miljøministeriet. (2010). *Forslag til Vandplan 2010-15, Hovedvandopland 2.4 Køge Bugt. Høring.*
- Miljøministeriet. (2004). *Håndbog om Miljø og Planlægning – boliger og erhverv i byerne.*
- Miljøministeriet. (2006). *Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1695 af 19/12 2006 om husdyrbrug og dyrehold for mere end 3 dyreenheder, husdyrgødning, ensilage m.v.*

Miljøministeriet. (2010). *Udkast til Vandplan 2010-15, Hovedvandopland 2.4 Køge Bugt*. ISBN: 978-87-7091-040-8.

Solrød Kommune. (2009). *Klimaplan for Solrød Kommune 2010-2025*.

Trelleborg Kommune. (2010). *Projektrapport nr 13. Tång och alger som en naturresurs och förnyelsebar energikälla*. ISBN 978-91-86037-14-7.

Trelleborg Kommune. (2010). *Projektrapport nr 2. Tekniska lösningar för uppsamling och bortforsling av alger på strand, hav och längskustremsan i Trelleborgs kommun*. ISBN 978-91-86037-03-1.

Trelleborg Kommune. (2010). *Projektrapport nr 4. Skörd av blågröna bakterier och alger till havs sommaren 2009*. ISBN 978-91-86037-05-5.

Wood, S., & Cowie, A. (2004). *A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production*. , Research and Development Division, State Forests of New South Wales. Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting. For IEA Bioenergy Task 38.

Økonomi- og Erhvervsministeriet. (1998). *Bekendtgørelse af byggelov (byggeloven), Lovbekendtgørelse nr. 452 af 24/06 1998*.

Appendiks 1: Fotoserie fra tangprøvetagning



Foto 1. Alger frit i vand

Foto 2. Tang fra stranden



Foto 3. Ældre ålegræstue.

Foto 4. Tang i opskylzone



Foto 5. Ålegræs i hofde

Foto 6. Ålegræs tør på strand



Foto 7. Ålegræs fra strandrensning



Foto 8. Ålegræs fra strandrensning



Foto 9. Ålegræs fra strandrenser



Foto 10. Opskyldet tang

Foto 11. Ålegræs bunke prøve fra toppen



Foto 12. Ålegræs bunke prøve fra sandparti



Foto 13. Ålegræs til bortkørsel, afvandet parti

Foto 14. Ålegræs til bortkørsel - ikke afvandet



Appendiks 2: Eksempel på leverandøraftale

Mellem: (i det følgende kaldet leverandøren)

og: Solrød Biogas A/S (i det følgende kaldet selskabet)

aftales følgende om selskabets afhentning af flydende gødning - gylle - og tilbagelevering af afgasset, separeret gødningsvæske på leverandørens ejendom:

Adresse:

§ 1 TRANSPORTSYSTEMET

Stk. 1.: Selskabet afhenter, medmindre andet er aftalt, al gødning, der produceres på leverandørens ejendom.

Afhentning sker normalt løbende i hele læs, der tages fra leverandørens fortank.

Stk. 2.: Efter afgasning leverer selskabet afgasset og separeret gødningsvæske retur til leverandøren i en mængde svarende til den afhentede mængde.

Gødningsvæsken afleveres løbende i lagertank på leverandørens ejendom, ved tilkørsel med lastbil.

Gødningsvæske kan også leveres til fælleslager eller anden landmand inden for aftaleområdet efter nærmere aftale.

Aftaleområdet er defineret som området indenfor (en radius af 15 km fra biogasanlægget).

Levering uden for aftaleområdet sker mod betaling.

Det er leverandørens ansvar at etablere flydelag på lagertanken efter gældende regler.

Ændring af leveringssted aftales løbende.

Fiberfraktionen fra separationen er det selskabets ansvar at finde arealer til eller bortskaffe på anden vis.

Stk. 3.: Kørsel af gylle og gødningsvæske sker normalt med selskabets materiel (15 eller 30 m³ slamsuger), men kan af selskabet overdrages til maskinstation eller lignende.

Stk. 4.: Afhentning med lastbil kan udskydes af selskabet, hvis vejene til leverandørens ejendom mv. ikke er farbare eller bæredygtige for selskabets materiel. Ekstraomkostninger grundet ufarbare forhold bæres af leverandøren.

§ 2 SELSKABETS FORPLIGTIGELSER

Stk. 1.: Selskabet er forpligtiget til at føre regnskab over afhentede/tilkørte gyllemængder og tilbageførsel af gødningsvæske for den enkelte leverandør.

Selskabet er ligeledes forpligtiget til stikprøvevis måling af tørstofindholdet (TS) i den afhentede/tilkørte gylle.

Dette sker enten fra tappehane på transportmateriellet eller ved udtagning af prøver fra fortanken efter omrøring.

Stk. 2.: Selskabet er forpligtiget til en gang årligt inden forårsudbringningen at foretage analyse af indholdet af plantenæringsstoffer (N, P og K) i gødningsvæsken.

Stk. 3.: Selskabet kan ophæve nærværende leverandøraftale, hvis gyllen gennem stikprøver over en længere periode viser relativt højt vandindhold i forhold til det gennemsnitligt forventede i pågældende gylletype. Leverandøren skal dog forinden have lejlighed til at udbedre forholdene

Såfremt udtagne stikprøver viser generende indhold af antibiotika-, medicin- eller kemikalierester kan selskabet beslutte at indstille afhentning/tilkørsel af gylle fra leverandøren.

Stk. 4.: Selskabet er forpligtiget til at holde transportmateriellet i forsvarlig rengjort stand.

Selskabet må aldrig køre fra en leverandør til en anden, men skal altid køre fra leverandør til biogasanlægget og rengøre transportmateriellet ved skift mellem leverandører.

Stk. 5.: Selskabet vil ikke fra leverandørens side kunne drages til ansvar for eventuel spredning/overførsel af sygdom eller ukrudtsfrø mv. fra andre ejendomme eller besætninger.

Selskabets personale har ikke adgang til leverandørens stalde.

Stk. 6.: Selskabet kan tilføre biogasanlægget andet organisk materiale end gylle og gødning fra landbrug i det omfang dette ikke strider mod bestemmelser i miljø- og veterinærlovgivningen samt giver restriktioner ved udspreddning af afgassede produkter på landbrugsjord.

De ekstra tilførte ikke-landbrugsrelaterede mængder må maksimalt udgøre 25 % af den totale tilførte mængde målt på tørstofbasis.

Det er selskabets ansvar at etablere tilstrækkelig opbevaringskapacitet for de ekstra tilførte mængder samt sørge for udspreddningsarealer hertil (gylleaftaler).

Stk. 7.: Selskabet etablerer pumpestuds, kobling mv. til leverandørens fortank samt kobling mv. til overpumpning i lagertank.

§ 3 LEVERANDØRENS FORPLIGTIGELSER

Stk. 1.: Leverandøren er, medmindre andet er aftalt, forpligtiget til at aftage en mængde afgasset, separeret gødningsvæske svarende til den leverede mængde rågylle. Leverandøren skal derfor altid kunne anviser den nødvendige lagerkapacitet på ejendommen, i fælleslagre eller på anden landmands ejendom.

Stk. 2.: Leverandøren er ansvarlig for gode tilkørselsforhold til fortank og lagertank for selskabets materiel.

Stk. 3.: Dyreart, besætningsstørrelse og –sammensætning ved ikrafttræden af nærværende aftale fremgår af § 8. Væsentlige ændringer i besætningsstørrelse eller –sammensætning samt ændringer af staldsystem som kan få indflydelse på kvaliteten og mængden af gylle skal så tidligt som muligt meddeles selskabet. Meget væsentlige ændringer kan medføre nyforhandling af leverancens betingelser og omfang.

Stk. 4.: Anmeldelsespligtig sygdom i leverandørens besætning skal straks anmeldes overfor selskabet, som herefter i samråd med områdets dyrlæger og veterinærer frit kan beslutte at standse afhentning hos leverandøren.

§ 4 FÆLLESLAGRE

Stk. 1.: Etablering af eventuelle fælleslagre koordineres mellem selskabet og leverandørerne og kan etableres af begge parter.

Placering og antal af fælleslagre aftales nærmere i forbindelse med indgåelse af nærværende aftale.

Den samlede kapacitet (incl. kapacitet på de enkelte gårde, på biogasanlægget, i leverandørejede fællestanke og fællestanke ejet af selskabet) afstemmes efter gældende lovgivning på området.

Eventuel senere udbygning som følge af ændringer i leverandørkredsen, udvidelser af enkeltbesætninger og/eller ændringer i lovkrav er ikke omfattet af nærværende aftale.

I det omfang selskabet etablerer fælleslagre, gælder bestemmelserne i stk. 2 til 6.

Stk. 2.: Selskabet tegner kaskoforsikring for de fælleslagre, som opføres af selskabet.

Stk. 3.: Almindelig vedligeholdelse af fællestanke, herunder adgangsforhold, påhviler selskabet.

Stk. 4.: Leverandørerne betaler en årlig lagerleje for den andel af fælleslagrene som benyttes af den pågældende leverandør.

Stk. 5.: Lagerlejen fastsættes af selskabet og betales hvert år pr. d. 30. april.

Stk. 6.: Udkørsel af afgasset gylle/gødningsvæske fra fælleslagrene til mark er selskabet uvedkommende. Ligeledes påhviler omrøring af tankene i forbindelse med udkørsel de enkelte leverandører.

§ 5 MODTAGEGEBYR

Stk. 1.: Leverandøren betaler et modtagegebyr for behandlet gylle på biogasanlægget.

Gebyret er fastsat til YY kr/ton gylle.

§ 6 TØRSTOFGEBYR

Stk. 1.: Leverance af gylle tilstræbes leveret med et tørstofindhold svarende til normtallene for husdyrgødning.

Det beregnede normtal for den aktuelle besætning fremgår af § 8.

Stk. 2.: Såfremt tørstofindholdet er lavere end normtallet betaler leverandøren en afgift til selskabet – et tørstofgebyr.

Stk. 3.: Betaling af afgift ved levering af gylle med lavere tørstofindhold end normværdien sker efter følgende skalaer for henholdsvis kvæggylle og svine- og minkgylle.

Stk. 4.: Evt. tørstofgebyr betales en gang årligt pr. d. 30. april. Beløbet reguleres efter nettoprisindekset pr. 1. marts.

Stk. 5.: Leverandørens tørstofindhold opgøres som et årligt gennemsnit ud fra stikprøver udtaget af den tilførte gylle enten fra fortank (pumpeleverance) eller fra lastbil (slamsugertransport). Der udtages mindst 1 stikprøve pr. måned for lastbiltransporteret gylle og 1 stikprøve hver anden måned for pumpet gylle. Selskabet udsender via e-mail en kvartalsvis oversigt til leverandørerne om status.

(Der spørges om antallet af prøvetagninger ikke bør være ens: Begrundelsen for forskelligt antal er omkostningen – der skal en mand ud til pumpeleverandøren hver gang, mens chaufføren kan lave prøvetagningen hvor der hentes med lastbil).

Stk. 6.: I daglig drift måles alene tørstof (TS). Selskabet kan foretage kontrolmåling af organisk del af tørstoffet ved stikprøver.

§ 7 HARMONIGEBYR (kan udgå)

Stk. 1.: Leverandøren betaler et gebyr for den mængde gylle, der ikke ønskes retur, men ønskes bortskaffet af selskabet.

Stk. 2.: Gebyrets størrelse fastsættes 1 gang årligt af bioenergiselskabets øverste myndighed.

P.t. er gebyret fastsat til X kr/ton gylle, hvilket svarer til ca. Y DE.

§ 8 TRANSPORTGEBYR

Stk. 1.: For leverandører uden for aftaleområdet (se definition i § 1, stk. 3) betales et transportgebyr på 0,7 kr. pr. ton*km.

§ 9 GYLDIGHED

Stk. 1.: Nærværende aftale indgås for 10 år og er i denne periode uopsigelig fra begge parter. Efter de første 10 år fortsætter aftalen, men kan af begge parter opsiges med 1 års varsel.

Stk. 2.: Aftalen kan med 1 års varsel kræves genforhandlet af begge parter ved væsentlige ændringer i de tilgrundliggende forudsætninger.

Stk. 3.: Leverandøren kan med 3 måneders varsel opsiges aftalen, såfremt han ophører med husdyrhold på ejendommen eller sælger ejendommen.

Stk. 4.: Selskabet kan med 3 måneders varsel opsiges aftalen, hvis produktionshensyn begrundet det, f.eks. af årsager som beskrevet under § 2, stk. 3. Dog kan afhentning afbrydes umiddelbart ved påvisning af hæmmende stoffer i gyllen eller ved anmeldelsespligtig sygdom i besætningen, jf. § 3, stk. 5.

Stk. 5.: Begge parter kan umiddelbart ophæve aftalen ved grov misligholdelse af aftalens vilkår.

§ 10 TVISTER

Stk. 1.: Enhver uoverensstemmelse mellem parterne, som ikke kan bilægges gennem forhandling, kan kræves afgjort ved voldgift.

Den part, der kræver voldgiftsbehandling, skal give den anden part besked herom og meddele hvilken voldgiftsmand der er valgt.

Den anden part skal inden 3 uger selv vælge voldgiftsmand, hvorefter dommeren i retskredsen anmodes om at udpege en opmand.

Hvis der ikke opnås enighed i voldgiftsretten, træffes den endelige afgørelse af opmanden.

Stk. 2.: Hvis selskabet opsiges aftalen begrundet i produktionshensyn (jf. § 6, stk. 4) eller grov misligholdelse af aftalens vilkår (jf. § 6, stk. 5), kan leverandøren kræve spørgsmålet afgjort ved voldgift efter reglerne i stk. 1. Ligeledes kan selskabet, såfremt leverandøren opsiges aftalen begrundet i grov misligholdelse, kræve spørgsmålet afgjort ved voldgift.

§ 11 LEVERANDØR OPLYSNINGER

Stk. 1.: Nærværende aftale er baseret på følgende besætningsoplysninger:

Besætningsstørrelse og sammensætning

Husdyrart	Antal	Måneder på stald
Malkekøer		
Opdræt		
Søer med smågrise		
Slagtesvin (årsproduktion)		
Mink (tæver)		
Andet		

Beregnet gyllemængde: m³/år

Beregnet tørstofindhold (normtal): %

Stk. 2.

Andel i fælleslagre er aftalt til: m³

§ 12 SÆRLIGE FORHOLD

§ 13 IKRAFTTRÆDEN

Stk. 1.: Leverance efter denne aftale træder i kraft efter nærmere drøftelse mellem parterne. Herunder kan der endvidere træffes særlige aftaler om detailspørgsmål, jf. § 8.

Aftalen er kun gyldig hvis bioenergianlægget realiseres.

Undertegnede leverandør erklærer sig samtidig bekendt med selskabets vedtægter.

....., d.

Solrød, d.

.....
Leverandør

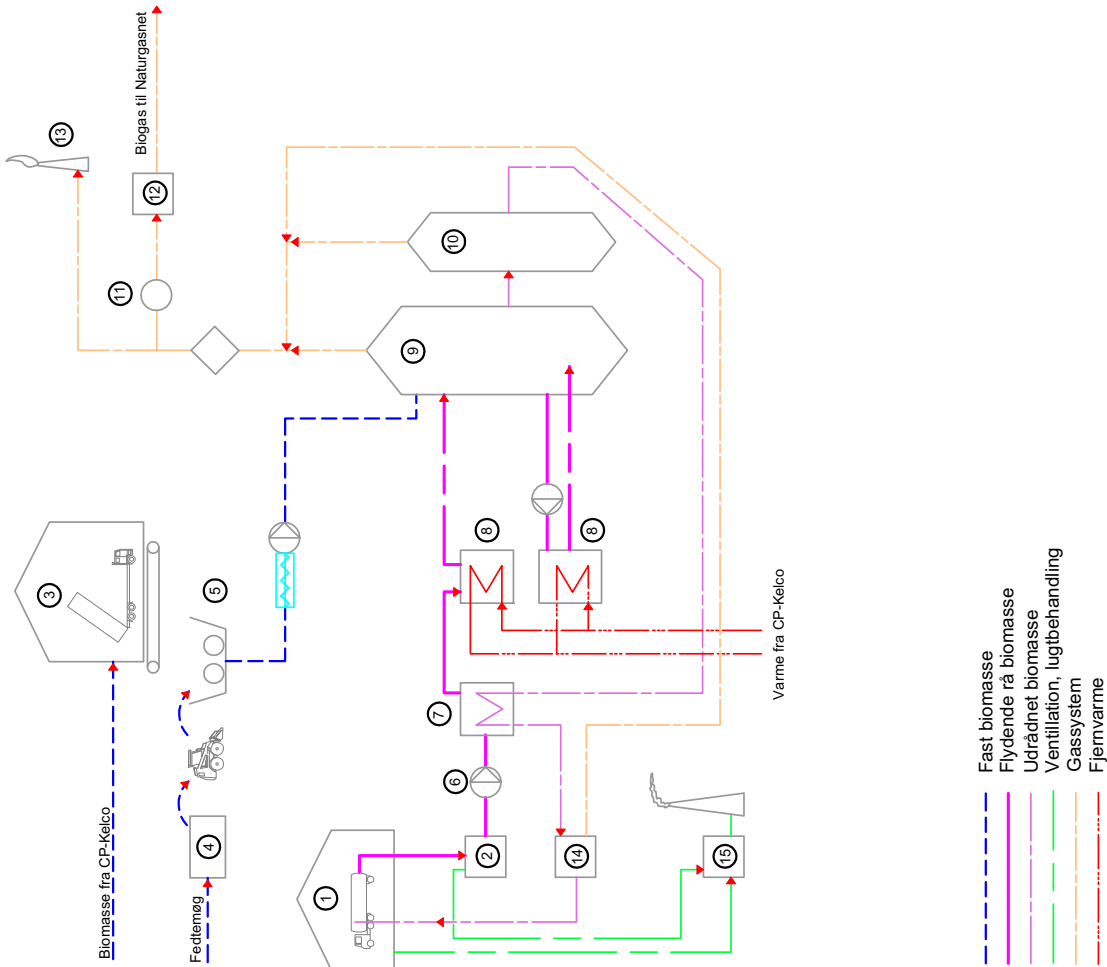
.....
Solrød Biogas A/S

Appendiks 3

Solrød Biogas - Termofilt Biogasanlæg

Hovedkomponenter

komponent nr.	komponent	Data
1	Modtageanlæg for flydende biomasse	
2	Modtagetank med aflæselem for flydende biomasse	500 m³
3	Modtagehal og silo for overskudsprodukter fra CP-Kelco	
4	Ensilagelager for fedtemøg	
5	Indpumpingsanlæg for fast biomasse	
6	Indpumpingsanlæg for flydende biomasse	
7	Varmegenvindingsveksler	
8	Opvarmningsvekslere	
9	Reaktor trin 1.	52°C, 3x 3200 m³
10	Reaktor trin 2.	52°C, 3x1000 m³
11	Gaskompresorsystem	1.500 m³/t
12	Gasrensning	Biologisk proces
13	Gasfakkel	1.500 m³/t
14	Lagertank for udrådnat biomasse	1.800 m³
15	Lugtbehandlingsanlæg	Biologisk proces



RAMBOLL
 Højenæs Allé 53
 DK-2300 København S
 Tlf. +45 51 61 10 00
 Fax +45 51 61 10 01
 www.ramboll.dk

Tegning nr. **Appendiks 3**
 Rev.

Rev. Dato 2010-10-06
 Projekt nr. 9719015
 Mål -

Konst./Tegn. LBO
 Kontrol. EIG
 Godk. EIG

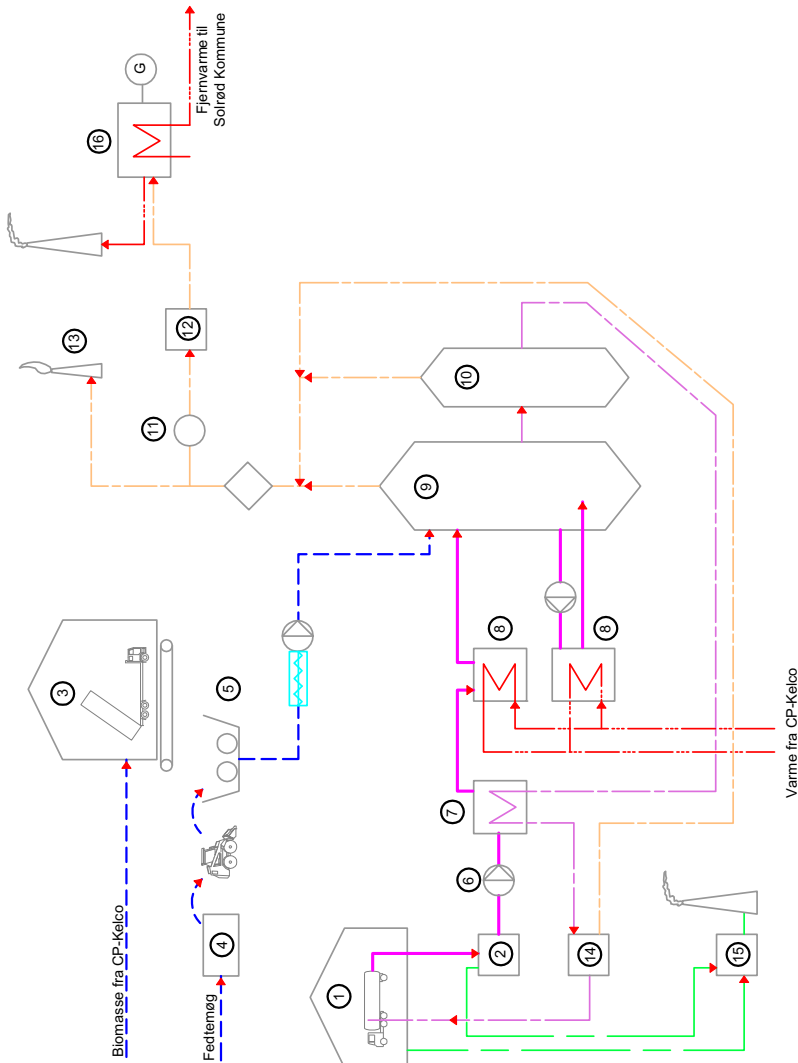
Solrød Biogasanlæg
 P&I- Diagram

Appendiks 4

Solrød Biogas - Termofilt Biogasanlæg

Hovedkomponenter

komponent nr.	komponent	Data
1	Modtageanlæg for flydende biomasse	
2	Modtagetank med aflæselem for flydende biomasse	500 m ³
3	Modtagehal og silo for overskudsprodukter fra CP-Kelco	
4	Ensilagelager for fedtemøg	
5	Indpumpningsanlæg for fast biomasse	
6	Indpumpningsanlæg for flydende biomasse	
7	Varmegenvindingsveksler	
8	Opvarmningsvekslere	
9	Reaktor trin 1.	52°C, 3x 3200 m ³
10	Reaktor trin 2.	52°C, 3x1000 m ³
11	Gaskompresorsystem	1.500 m ³ /t
12	Gasrensning	Biologisk proces
13	Gasfakkel	1.500 m ³ /t
14	Lagertank for udrådnnet biomasse	1.800 m ³
15	Lugtbehandlingsanlæg	Biologisk proces
16	KV-anlæg	



- Fast biomasse
- Flydende rå biomasse
- Udrådnnet biomasse
- Ventilation, lugtbehandling
- Gassystem
- Fjernvarme

Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
Tlf. +45 51 51 10 00
Fax +45 51 51 10 01
www.ramboll.dk

Rev.

Dato
2010-10-06

Konst./Tegn.
LBO

Kontrol
EIG

Godk.
EIG

Projekt nr.
9719015

Mål
-

Solrød Biogasanlæg
P&I-Diagram

Rev.

Tegning nr.
Appendiks 4

Appendiks 5: Lovmæssige rammer

Ved etablering af biogasanlægget med tilhørende gas-afsætning, el-tilslutning og varmetilslutning, samt transport af biomasse til og fra anlægget, er der en lang række af lovmæssige krav, der skal være opfyldt.

I dette projekt er der tale om, at der skal opnås myndighedstilladelser fra flere myndigheder for at realisere projektet.

Afsnittet belyser kort de væsentligste lovområder og deres betydning for realisering af det foreliggende projekt.

Den væsentligste overordnede regulering sker gennem:

- Miljøbeskyttelsesloven (miljøgodkendelse og regulering af opbevaring mv. af husdyrgødning) (Miljøministeriet, 2010)
- Varmeforsyningsloven (regulering af afsætning af varme) (Miljøministeriet, 2006)
- Planloven (regulering af lokalplan, kommuneplan og Vurdering af Virkninger på Miljøet) (Miljøministeriet, 2009)
- Byggeloven (Økonomi- og Erhvervsministeriet, 1998)
- Landbrugsloven (Fødevareministeriet, 2010)
- Biproduktforordningen (Europaparlamentet, 2002)

Hertil kommer de rammer, som den fysiske planlægning danner for etableringen af anlægget.

Anlæggets gassystem skal godkendes af Sikkerhedsstyrelsen.

Det er centralt for fremdrift af fase 2, at der sker en koordinering mellem de forskellige myndighedstilladelser, så det sikres, at der ikke er unødige forsinkelser i procesforløbet.

Biproduktforordningen

Efter EU's forordning (Europaparlamentet, 2002) kan biogasanlæg, der modtager animalske biprodukter, behandle:

- Kategori 2 materiale², behandlet efter metode 1³ på en godkendt kategori 2 forarbejdningsanlæg,

- Gylle og indhold fra fordøjelseskanalen, der er adskilt fra fordøjelseskanalen, og
- Kategori 3 materiale⁴, herunder køkken- og madaffald

(Bilag VI, kap II, del B, pkt. 4)

I projektforslaget er ikke opereret med planer om at behandle kategori 2 (døde dyr m.v.) eller kategori 3-affald.

Forordningen stiller en række specifikke krav til indretning og drift af anlæg, der behandler animalske biprodukter:

Anlægget skal være udstyret med en hygiejniseringsenhed⁵, som ikke kan omgås.

Hygiejniseringsenheden er dog ikke obligatorisk for anlæg, der udelukkende anvender:

- kategori 3 materiale, der allerede er hygiejniseret
- animalske biprodukter, der er forbehandlet efter metode 1
- gylle og indhold fra fordøjelseskanalen, eller
- køkken- og madaffald
- Ikke animalske produkter

Der er ikke krav om, at hygiejniseringsenheden findes som en separat enhed, men kan i stedet være en del af selve biogasreaktoren, så længe kravene til tid og temperatur overholdes.

Anlægget vil blive udstyret med hensigtsmæssigt udstyr til rengøring og desinfektion af køretøjer og containere, når de forlader anlægget.

Det skal sikres, at anlægget kan leve op til disse krav for at opnå fødevaremyndighedernes godkendelse af anlægget. Der bør snarest tages kontakt til fødevareregionen for at sikre dette, når leverandører af industriaffald er fundet, så omfang og behov for godkendelse efter biproduktforordningens regler kendes.

Der skal udarbejdes ansøgning til fødevareregionen.

Rammer for håndtering og transport af råvarer

Den håndtering, der sker på selve anlægget vil primært blive fastlagt i miljøgodkendelsen.

Husdyrgødning:

Transport af husdyrgødning skal foregå med lastbil eller et påhængskøretøj hertil. Under transporten skal flydende gødning opbevares i lukkede tanke, og fast gødning skal overdækkes (Miljøministeriet, 2003).

Industriaffald:

Transport af industriaffald er omfattet af biproduktforordningen, og skal følge bestemmelserne i denne. Det indbefatter bl.a. at de animalske biprodukter - og forarbejdede produkter - indsamles og transporteres i til-dækkede lækagesikre containere eller køretøjer. Disse skal rengøres, vaskes og desinficeres efter brug i hvert enkelt tilfælde og forbeholdes transport af et bestemt produkt i det omfang, det er nødvendigt for at undgå krydskontaminering. Det betyder ligeledes, at der skal være mulighed for at rengøre transportcontainere mv. på selve anlægget.

Afsætning af restprodukter fra biogasanlæg:

Ifølge de generelle harmoniregler må der højst udbringes en husdyrgødningsmængde svarende til 1,4

dyreenheder (DE) pr. ha pr. planperiode. Der er dog situationer, hvor der gælder lempeligere forhold ved andre besætninger. Hvis en bedrift har større mængde husdyrgødning til rådighed, herunder gødning modtaget fra andre bedrifter, end der må udbringes på bedriftens areal, skal der foreligge skriftlige aftaler, der sikrer, at overskydende husdyrgødning afsættes til eksempelvis et biogasanlæg.

Højst 25 % af anlæggets biomasse (på tørstofbasis) må i øvrigt udgøres af organisk industriaffald, slamprodukter o.l. hvis den afgassede biomasse skal kunne betragtes og håndteres efter gødningsbekendtgørelsen (Miljøministeriet, 2006). Overskrides denne grænse, som tilfældet vil være for Solrød Biogasanlæg, skal den behandles og anvendes efter slambekendtgørelsen (Miljøministeriet, 2003) med de restriktioner det indebærer for landbruget. Mave-tarmaffald fra slagterier, betragtes ifølge gødningsbekendtgørelsen som gødning og skal derfor ikke indregnes i de 25 %.

Affald, som er optaget på bilag 1 i (Miljøministeriet, 2006), kan uden forudgående tilladelse efter lovens § 19 anvendes til jordbrugsformål. En væsentlig del af biomassen, som behandles på biogasanlægget, er tang eller biprodukter fra tang. Der arbejdes på at optage tang på bilag 1. Dette forhold må afklares nærmere i næste projektfase.

Noter

- ¹ Ved de finansielle omkostninger benyttes realrente i faste priser i stedet for inflationens udhuling af kapitalomkostninger. Der regnes med 3,00 % rente, og annuitetslån med tilbagebetaling over 20 år.
- ² Udover visse konkrete produkter som gylle og indhold fra tarmkanalen er animalske biprodukter der udgør en risiko m.h.t. husdyrsygdomme eller indeholder visse restkoncentrationer at betragte som kategori 2 materiale som f.eks. aflivede og selvdøde produktionsdyr bortset fra drøvtyggere, kasserede hele dyr og organer fra slagterier hvis det ikke er kat. 1 materiale (risikomateriale) eller materiale fra den primære rensning af spildevand på svine og fjerkræslagterier som nævnt nedenfor og gylle og mave-tarmindhold som er fjernet fra fordøjelseskanaalen. Herudover følger det endvidere af forordningen at alt materiale som ikke tilhører kategori 1 eller kategori 3 skal anses som kategori 2 materiale.
- ³ Findeling til under 50 mm. Efter findelingen skal de animalske biprodukter opvarmes til en kernetemperatur på over 133 °C i mindst 20 minutter uden afbrydelse ved et tryk på mindst 3 bara frembragt ved hjælp af mættet damp.
- ⁴ Kort sagt kan man sige, at kat. 3 materiale er biprodukter fra raske dyr. Som eksempler herpå kan nævnes dele af slagtede dyr, som af kommercielle grunde ikke er bestemt til konsum, og dele af slagtede dyr, som er erklæret uegnede til konsum, men som ikke udviser tegn på sygdomme.
- ⁵ maksimal partikelstørrelse inden de kommer ind i enheden på 12 mm, minimumstemperatur i alt materiale i enheden: 70 °C og minimumstid i enheden uden afbrydelse på 60 minutter.

SOLRØD KOMMUNE

Solrød Center 1
2680 Solrød Strand
Tlf: 56 18 20 00
kommune@solrod.dk
www.solrod.dk

