

Notat

Praktisk anvendelse af dybstrøelse som substrat på biogasanlæg

– kommende som eksisterende



Peter Jacob Jørgensen
Midtjylland
Mobil +45 4110 0625
PJJ@planenergi.dk

NORDJYLLAND
Jyllandsgade 1
DK-9520 Skørping
Tel. +45 9682 0400
Fax +45 9839 2498

MIDTJYLLAND
Vestergade 48 H, 2. sal
DK-8000 Århus C
Tel. +45 9682 0408
Fax +45 8613 6306

SJÆLLAND
Forskerparken CAT
Universitetsparken 7
DK-4000 Roskilde
Tel. +45 4117 3274

www.planenergi.dk
planenergi@planenergi.dk

Praktisk anvendelse af dybstrøelse som substrat på biogasanlæg – kommende som eksisterende

0) Indledning

1) Baggrund – lidt procesforhold

2) Hvad er dybstrøelse og hvorfor anvende det som biogassubstrat?

3) Logistik og organisering –

- Overvejelser vedr. logistik og organisering. Hvordan undgår man at få al dybstrøelsen tilført biogasanlægget på en gang eller i alt for store portioner ad gangen?

4) Behov for ekstra lagerkapacitet

- Fast gødning omdannes til gylle og derfor fordres ekstra lagerkapacitet

5) Transport

- Øgede transportomkostninger (container i stedet for gyllevogn)

6) Praktiske forhold ved opbevaring samt lugtproblematik ved anvendelse af dybstrøelse

- Ved evt. mellemlagring på anlægget vil dette være væsentligt

7) Teknik til forbehandling og indfødning i reaktor

- Ekstrudering
- Kædeknuser
- Hammermølle
- Omrøring/macerering
- Trykkoger

8) Økonomi, energiforbrug, vedligeholdelsesomkostninger og merudbytte

- Energiforbrug og vedligeholdelsesomkostninger til forbehandling. Merudbytte af dybstrøelse efter forbehandling. Tekniske problemer ved håndteringen

0) Indledning

Det er velkendt, at biogasfællesanlæg ikke kan præstere en tilstrækkelig god økonomi ved behandling af gylle alene. Af gylle kan udvindes 15-25 m³ biogas afhængigt af kvaliteten, og som en tommelfingerregel skal et anlæg præstere en gennemsnitlig gasproduktion på 35 – 45 m³ biogas pr. ton behandlet biomasse for at kunne drives rentabelt.

I anlæggenes barndom i begyndelsen af 90'erne lå løsningen lige for: Fødevarer- og slagteriindustrien havde store problemer og omkostninger forbundet med bortskaffelse af deres organiske affald. En stor del blev spredt på landbrugsjorden på alle tider af året, og en anden del blev deponeret på lossepladser. Begge metoder var forbundet med store miljøomkostninger. Tøvende startede tilførslen af affaldet derfor til biogasanlæggene, der i starten kun dårligt var udstyrede til at modtage denne type biomasse – og slet ikke håndtere de medfølgende lugtproblemer!

Efterhånden blev alle anlæg, såvel nye som gamle, dog udformet med egentlige 'industri-fortanke' og udnyttelsen voksede hurtigt og blev så stor, at affaldet blev afgørende for anlæggenes økonomi, både pga. ofte pæne gasudbytter af specielt fedtholdigt affald, og fordi anlæggene i starten også kunne beregne sig et modtagegebyr. Så vigtig for økonomien blev affaldet, at Energistyrelsen krævede forhåndsftaler om modtagelse af affald, inden bevilling af anlægstilskud til nye anlæg.

Udnyttelsen blev efterhånden næsten total. I 2008 blev i alt ca. 350.000 tons organisk affald årligt behandlet på anlæggene, der således, ud over at være energianlæg, også kan betragtes som en af landets vigtigste genanvendelsessektorer med miljømæssig værdifuld recirkulation af organisk stof og næringsstoffer til landbrugsjorden. I dag går stort set al højværdigt organisk affald gennem biogasanlæggene, og der er kun beskedne mængder af ringere kvalitet til overs på markedet. Det er klart at dette gradvist har ført til konkurrence om affaldet, fordi industrien naturligvis ikke gerne vil betale mere end højst nødvendigt i transport og gate-fee. I dag er modtagegebyret ofte beskedent, og flere anlæg betaler for det bedste affald, hvilket selvsagt ikke er befordrende for en god økonomi. Værdien af det organiske industriaffald er således gradvist blevet reduceret for anlæggene, og vigtigst er efterhånden gaspotentialet.

Man kan således ikke længere bygge en biogasøkonomi på modtagelse af organisk affald, og det er derfor nødvendigt til at finde alternativer, hvis biogassektoren fortsat skal udbygges.

En negativ såvel som positiv sideeffekt af den store anvendelse af affald på biogasanlæggene har været den megen blæst om lugtgener. Fra starten var anlæggene ikke udformede til modtagelse af denne type biomasse, der ofte lugter ganske fælt, og helt anderledes end gylle, som jo i større eller mindre grad var/er accepteret på landet. Det blev derfor nødvendigt at etablere lugtrensningssystemer på anlæggene. I starten blev sådanne blot 'klistret på anlægget' og ofte var de aldeles underdimensionerede, og blev i øvrigt ofte drevet uden større omtanke og for-

ståelse for det biologiske system. Mao. anlæggene virkede kun dårligt, og lugtproblemerne fortsatte mange steder i årevis.

Problemet har været så stort, at det må siges at have været, og stadig være, det væsentligste argument i befolkningens ofte voldsomme modstand, mod biogasanlæg, uanset at alle anlæg i dag *kan* udstyres med effektive lugtrensningssystemer, uanset hvilke biomasser, der tilføres. På længere sigt vil dette formodentlig vise sig positivt for sektorens gode ry og rygte og for befolkningens accept af biogaskonceptet og -anlæggene.

Men som nævnt er det, på trods af forbedrede afregningsforhold for produceret biogas, nødvendigt at fremskaffe enten billigere eller bedre biomasser som supplement til gyllen for at forbedre anlæggenes økonomi. I den sammenhæng er der blevet peget på dybstrøelse som en interessant mulighed. Andre muligheder er energiafgrøder af forskellig slags. I nærværende notat koncentrerer analysen dog primært om mulighederne for at anvende dybstrøelse.

1) Baggrund – lidt procesforhold

I Danmark betegnes den anvendte biogasteknologi som den 'fuldt omrørte reaktor', eller CSTR-reaktoren efter reaktortypen: Continuously Stirred Tank Reaktor. I denne type reaktor holdes al biomasse fuldstændig i suspension i reaktoren ved (næsten) konstant omrøring. En sådan anlægstype drives ofte enten ved mesofil (ca. 37 °C) eller termofil temperatur (ca. 52 °C).

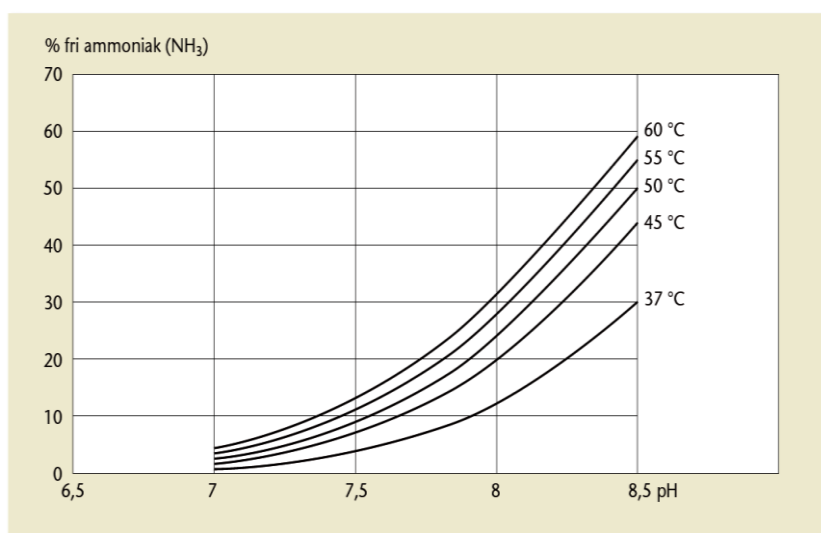
Belastningsmæssigt er denne anlægstype begrænset af viskositeten eller tørstofindholdet i den tilførte biomasse, der gerne uden alt for store driftsomkostninger skal kunne omrøres og hindres i at danne svømmelag. I praksis ligger grænsen omkring 11-13 % ts som gennemsnit for tørstofindholdet i *det tilførte* materiale. I reaktortanken vil tørstofindholdet så som tommelfingerregel ligge er par %-point lavere pga. den gradvise nedbrydning af det organiske tørstof, måske 9-11 % ts. Det er klart at ikke alle biomasser i så henseende er af lige stor betydning. Svært nedbrydelige biomasser med tendens til svømmelagsdannelse er i den sammenhæng langt vigtigere (besværligere) end f.eks. biomasser, der let opløses i tanken og/eller nedbrydes hurtigt. De nævnte grænser hænger dog i praksis også sammen med hvor tyk en biomasse der kan pumpes med i systemet.

I praksis drives en sådan reaktor semi-kontinuert. Flere gange om dagen pumpes en given mængde først ud og en tilsvarende mængde herefter ind. Det betyder, når tanken samtidig er fuldt omrørt, at der med hver udpumpning også vil være en mindre mængde (~ 1/20-del afhængigt af opholdstiden, HRT) nylig indpumpet biomasse, som endnu ikke er fuldt udrådnet. Anlæg af denne type bør derfor have en forholdsvis lang opholdstid (HRT) for at sikre, at ikke for stor en mængde biomasse 'løber lige igennem reaktoren'. Problemet kan reduceres ved at etablere serieudrådning, to reaktorer efter hinanden, eller etablere en efterafgasnings-/lagertank, hvor den uomsatte biomasse efterfølgende kan nedbrydes helt eller delvist.

Desuden betyder driftsformen, at der med hver udpumpning også udtages aktiv bakteriemasse fra reaktoren. (I nogle tilfælde – f.eks. på renseanlæg recirkuleres af samme grund slam til anlægget. Men noget lignende kan ofte ikke i samme omfang praktiseres på 'landbrugsbiogas-anlæg', fordi disse i forvejen ofte tørstofmæssigt er belastede til 'kanten'). Anlæggets fortsatte stabile funktion er derfor også begrænset af, at nye bakterier hele tiden skal have tilstrækkelig tid til opformering af populationen. Dvs. anlægget er begrænset af bakteriernes væksthastighed, og her anses metanbakterierne traditionelt som de vigtigste, fordi de vokser langsomt.

Alt i alt betyder dette, at den fuldt omrørte reaktor og driftsform også belastningsmæssigt, i forhold til organisk stof, har en øvre grænse, fordi bakterierne skal kunne følge med tilførslen af organisk stof til reaktoren. Afhængigt af især biomassetyper og temperatur ligger denne grænse omkring 5-7 kg VS tørstof pr. m³ reaktorvolumen pr. dag. Andre anlægstyper, der dog ikke er egnede til høje tørstofmængder/viskositeter kan klare langt højere belastninger, enten fordi bakterier recirkuleres eller fordi, man med en speciel tankudformning og drift kan holde dem i reaktoren, UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket.

Endelig er CSTR-reaktoren, eller rettere bakterierne, begrænset af en øvre, maksimal kvælstofkoncentration i væsken. I processen nedbrydes kvælstofholdige proteiner, og kvælstof vil i stigende grad i væsken findes på ammoniumform i en ligevægt mellem ammonium-ionen og fri ammoniak. Helt op mod 75-80 % af det totale kvælstofindhold kan i reaktoren og i udpumpet materiale, findes på ammoniumform. Ligevægten mellem ammonium og ammoniak er afhængig af pH og temperatur, og da ammoniak er stærkt giftigt for de fleste levende organismer, også metanbakterier, kan for høj en kvælstofbelastning føre til hæmning af processen.



Effekt af pH og temperatur på ligevægten mellem ammonium og ammoniak (NH₄⁺/NH₃)

Allerede ved koncentrationer omkring 3.000 mg (NH₄⁺+NH₃)-N/l begynder kvælstofhæmningen af processen. Men bakterierne har en stor tilvænningssevne og kan ofte tilvænnedes niveauer helt op til 6.000 – 7.000 mg (NH₄⁺+NH₃)-N/l. Omkring 10.000 mg (NH₄⁺+NH₃)-N/l er kvælstof direkte

giftigt. Grænserne dækker over hæmning ved 50-100 mg NH₃/l, og toxicitet ved 100-200 mg NH₃/l.

Processen kan således udmærket forløbe stabilt selv ved forholdsvis høje kvælstofniveauer, når blot belastningen er konstant. Men ved høje kvælstofniveauer og høje temperaturer er risikoen for ubalance stor, og processen balancerer så at sige på en knivsæg. Meget taler desuden for, at det i særlig grad er en (hurtig) *ændring* i kvælstofbelastningen, der kan være kritisk, og her i særlig grad naturligvis en pludselig stigning. Derimod er det udmærket muligt at ændre belastningen over tid, når blot dette sker gradvist. Det er således muligt f.eks. at belaste reaktoren forskelligt sommer og vinter med en variation af gasproduktionen på mere end 100 % - sæsonregulering. Til et sådant formål er faste biomasser naturligvis velegnede, idet de giver et forholdsvis højt gasudbytte, samtidig med at de fylder relativt lidt i reaktoren.

Men ved tilførsel af faste biomasser, det være sig dybstrøelse eller andre typer biomasse, må man altså have øje for ovennævnte forhold, og det vil altid give den mest stabile drift og produktion med så konstant en belastning af reaktoren som muligt i forhold til såvel tørstof, organisk tørstof og kvælstof og opholdstid - HRT. Ønskes større ændringer i produktionen er det mest sikre at ændre belastningen gradvist over f.eks. 1 HRT, gerne længere.

2) Hvad er dybstrøelse og hvorfor anvende det som biogassubstrat?

Dybstrøelse kan stamme fra mange forskellige husdyr, køer, svin, fjerkræ m.m., og fra dyr af forskellige alder. Dybstrøelse kan derfor variere temmelig meget i sammensætning og næringsstofindhold og dermed også i forhold til hvordan, det vil kunne/bør anvendes i en biogasproces og de forholdsregler, man i særlig grad bør være opmærksom på i så henseende.

Nedenfor er opstillet en tabel med typiske parametre for de mest almindelige dybstrøelser. Tallene er af ældre dato, men anses for nogenlunde dækkende. Det skal bemærkes, at værdierne kan variere en del fra stald til stald og staldsystem til staldsystem. Tallene må således tages med forbehold, og kan kun anses som vejledende.

Dyr	Mængde og indhold af stald					Gas- potentiale m ³ metan pr. kg org. tørstof	Bemærkning
	Tons, pr. år pr. dyr	Tør- stof %	Kg pr. ton				
			N	P	K		
Malkekøer, stor race	9,4	27	7,0	1,0	7,2	200	Indeholder ofte langstrået halm. På stald hele året
Opdræt 0-½ år, Stor race	0,6	21	8,1	0,5	6,7	200	Bokse uden fraløb af møgsoft. På stald hele året. Langstrået
Opdræt ½-2 år, Stor race	5,5	26	5,6	1,00	8,4	200	Bokse uden fraløb af møgsoft. På stald hele året
Søer	4,3	30	7,3	2,4	6,0	250	
Slagtesvin	0,34	30	10,8	2,4	7,1	275	
Heste	2,2	31	10,9	1,9	11,9	225	På græs om sommeren
100 årshøner	2,1	66	27,4	8,6	11,0	225	Æglæggere
1000 slagte- kyllinger	1,53	58	28,7	7,2	15,5	280	Gulvdrift

Typiske dybstrøelser med omtrentlige tørstof- og næringsstofindhold.

Organisk tørstof udgør typisk 75-80 % af tørstoffet

I forhold til anvendelse som biogassubstrat skal man i øvrigt være opmærksom på, at dybstrøelse kan have forskellig alder og dermed være mere eller mindre omsat afhængig af omstændighederne.

I malkebesætninger fortsætter man ofte med at strø halm indtil gødningsmåtten efterhånden opnår en betydelig tykkelse. Det betyder, at den nederste del af gødningsmåtten vil være forholdsvis gammel, måske op mod 8 måneder og yngre og yngre mod toppen. Det kan selvsagt have indflydelse på, hvor meget materialet i forvejen vil være omsat før anvendelse som biogassubstrat. Flere forhold er af betydning.

For det første, hvorvidt der i måtten har været adgang for ilt. Har måtten været løs, f.eks. som i kalvedybstrøelse, og tilstrækkelig våd, må det antages, at materialet kan være omsat i større eller mindre grad i kraft af en delvis kompostering. I så fald vil man have mistet noget organisk tørstof.

For det andet kan graden af omsætning også være afhængig af alderen af materialet. Jo ældre, jo mere nedbrudt, og endelig afhænger nedbrydningsgraden af fugtighedsforhold i massen.

Både komposteringsprocessen og den anaerobe biogasproces kræver et vist minimumsindhold af væske. Tør biomasse omsættes kun meget langsomt. Et optimalt vandindhold til kompostering ligger omkring 40 – 50 %. Det sikrer, at materialet ikke er 'helt lukket' for tilgang for ilt. Den anaerobe proces fungerer derimod bedst ved stigende vandindhold, hvilket er med til at mindske tilgangen af ilt og dermed undertrykke komposteringsprocessen.

Ofte vil gødningsmåtten dog være så fast sammentrampet, at der næppe vil kunne komme ilt i væsentlige mængder ned i materialet, og en komposteringsproces vil derfor være beskedent. I måtten vil derimod opstå anaerobe forhold, som vil favorisere en iltfri nedbrydningsproces – biogasproces. Men da materialet ofte vil være trampet helt fast af dyrene, vil også denne proces blive begrænset, fordi bakterierne ikke kan slippe af med deres affaldsstoffer, CO₂ og metan.

Hertil kommer at dyrenes trampen rundt i måtten også er af betydning for materialets nedbrydelighed. Jo mere mekanisk påvirkning af halmen, jo større nedbrydelighed må forventes. Det samme må antages at gælde i forhold til måttens alder. Under antagelse af ingen eller kun beskedent tilgang af ilt vil gammel dybstrøelse således givetvis være lettere nedbrydelig end yngre.

Udtagning af dybstrøelsen fra stalden er at sammenligne med en omstikning af en kompostbunke. Med traktor og frontlæsser skræbes måtten ud og lægges i stak på marken eller gødningspladsen. Det kan ikke undgås, at biomassen under denne håndtering i større eller mindre omfang beluftes, og dermed igangsættes øjeblikkeligt en komposteringsproces. Det kan ses ved at bunken meget hurtigt – i løbet af en dag eller to – begynder at dampe. Har man 'rodet' godt og grundigt med materialet, dvs. beluftet grundigt, kan temperaturen i løbet af få dage stige til omkring 70 °C, hvilket naturligvis er et udtryk for, at komposteringsprocessen forløber optimalt og materialet hurtigt omsættes. Det er naturligvis ikke nogen fordel, hvis det senere skal anvendes som biogassubstrat, fordi en del af energiindholdet i så fald allerede vil være afgivet. Udtagning fra stalden bør derfor ske så 'nænsomt' som muligt, gerne i store klumper, der ikke beluftes. Desuden bør man flytte så lidt rundt med biomassen som muligt inden anvendelsen som biogassubstrat for at undgå beluftning.

De største mængder dybstrøelse produceres i malkebesætninger, og især af dyrevelfærdsmæssige årsager. I alt er ca. 10-12 % af al husdyrgødning dybstrøelse og resten gylle. Men omkring 35 % af tørstoffet, og dermed det organiske tørstof og biogaspotentialt i den samlede gødningsmængde, er at finde i dybstrøelsen. Årsagen er naturligvis, at der i dybstrøelsesstalde anvendes store mængder halm.

Der er således flere gode grunde til at fokusere nærmere på mulighederne for at anvende en større mængde dybstrøelse i biogasproduktionen.

Anvendelse som gødning er for landmanden forholdsvis besværligt. Et par gange om året skal stalden tømmes. Det sker som nævnt med traktor og frontlæsser. Gødningen skræbes sammen og køres ud, enten til midlertidig oplagring eller direkte til udspreddning på markerne. Skal den

lagres, er der i dag krav om, at den skal overdækkes. Det er naturligvis forholdsvis besværligt. Det mest rationelle for landmanden er, hvis det er muligt, direkte at læsse gødningen på en gødningsspreder, og herefter sprede den på marken. Det praktiseres lettest om foråret på barjord inden såning, hvor gødningen samtidig kan nedmuldes hurtigt. På andre årstider er dette ofte ikke muligt. Anvendes gødningen på græs kan den ikke nedmuldes. Også dette medfører en dårligere N-udnyttelse. Under alle omstændigheder er håndtering og udbringning af dybstrøelse som gødning relativt dyrt i forhold gylle, og nyttevirkningen af specielt indeholdt kvælstof er relativ lav.

	Gylle	Dybstrøelse
Opbevaring	12 kr./tons	ca. 10 kr./tons (?)
Håndtering	let	besværlig
Spredning	15 kr./tons	ca. 27 kr. tons
Nedharvning	Evt. 138 kr./ha (fjedertand)	155 kr./ha (tallerken)
N-virkningsgrad	ca. 65-70 %	ca. 45 %

Landbrugsmæssigt er der således store gevinster ved, via biogasprocessen, at 'omdanne' dybstrøelsen til gylle. Dvs. at omdanne en fast gødning til en flydende.

- En 'besværlig/dyr' gødning omdannes til en 'lettere/billigere'
- Man får en gødning, der lettere kan anvendes, når der er brug for den
- og det giver alt andet lige en bedre udnyttelse af indeholdt kvælstof
- Ulempen er, at der skal etableres ny lagerkapacitet i form af gylletanke

Også miljømæssigt er der store fordele ved omdannelse af dybstrøelse til gylle. En langt højere N-nyttevirkning og dermed et mindre tab kan opnås. Hvor anvendelse af dybstrøelse ikke kan undgå at resultere i betydelige tab af kvælstof, kan dette reduceres ganske væsentligt ved anvendelse af afgasset gylle, der enten kan udlægges med slæbeslange eller nedfældes. Forskellen fremgår indirekte af udnyttelseskravene for kvælstoffet i gødningerne. Mens kravet til udnyttelse af kvælstof i dybstrøelse blot er 45 %, hvilket er et konkret billede af, hvad der er praktisk opnåeligt, er kravet til gylle hhv. 70 og 75% for kvæg og svinegylle. For afgasset gylle kan den faktiske udnyttelsesprocent endog i gunstige tilfælde blive endnu højere. Forskellen antyder, hvor meget kvælstof der tabes bl.a. pga. ammoniakfordampning under håndteringen men også pga. udvaskning.

Som bekendt falder fordampet kvælstof ned igen afhængigt af vind og vejr og 'gødsker' utilsigtet og uhensigtsmæssigt såvel marker som naturområder, som absolut ikke har gavn af denne næringsstofforforsel, tværtimod, og udvasket kvælstof belaster såvel grundvand som vandløb og vådområder.

Det har været diskuteret om anvendelse af dybstrøelse og anden husdyrgødning til biogasproduktion, eller rettere processens nedbrydning af organisk stof og fjernelse af kulstof med biogassen på længere sigt er medvirkende til at 'berøve' jorden kulstof og humus. Omkring 40-50

% af substratets kulstof går typisk til metan og kuldioxid og fjernes med biogassen, og i den sammenhæng er det naturligvis væsentligt, at det er den let nedbrydelige del, der fjernes, mens den svært nedbrydelige, bl.a. lignin, og i særlig grad humusopbyggende der bliver tilbage. Tyske undersøgelser synes da også at vise, at afgasset gylle frem for at have en reducerende effekt på jordens kulstofindhold i forhold til frisk gylle faktisk har en opbyggende, positiv effekt.

Af nedenstående tabel fremgår det, at biogasgylle ved lige store tørstofmængder, er væsentligt bedre for humusreproduktionen end især almindelig svinegylle. I forhold til frisk staldgødning er biogasgylle lige så god, og den er kun ringere end komposteret staldgødning. Biogasgylle er endog bedre end såvel halm- som grøntnedmuldning til vedligeholdelse af humusfraktionen i jorden, igen naturligvis i forhold til udbragt tørstofmængder.

Richtwerte für die Humusreproduktionsleistung verschiedener organischer Substanzen (VDLUFA 2004)



Organische Substanz	TS %	Humusreproduktion	
		kg Humus-C t ⁻¹	relativ zu Stalldung*
Pflanzenmaterial			
Stroh	86	80 bis 110	58 bis 80
Gründüngung	10	8	50
Stallmist			
frisch	20	28	88
verrottet	25	40	100
Gülle			
Schwein	8	8	63
Rind	10	12	75
Biogas-Gülle	10	14	88

* C-Humusreproduktionsleistung, bezogen auf gleiche Trockenmasse; verrotteter Stallmist = 100 %

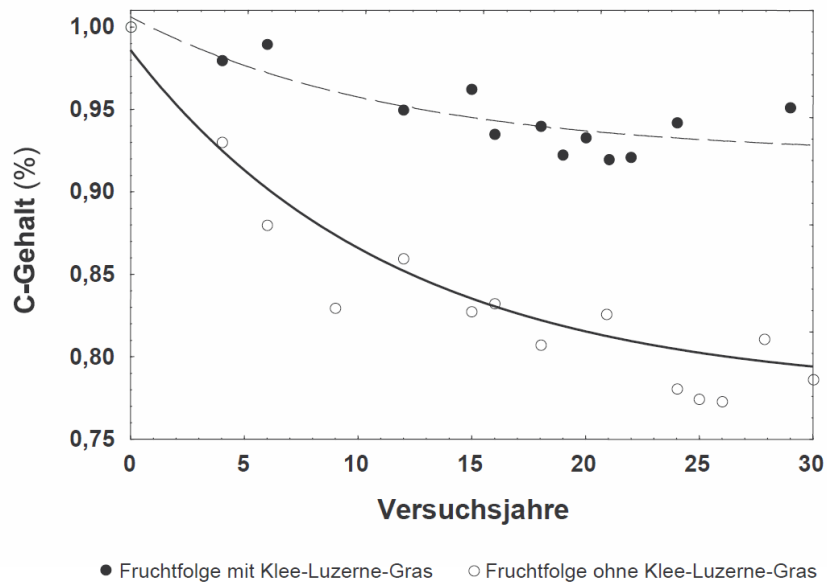
1

Forskellige organiske gødningers indvirkning på jordens humusreproduktion

I sammenligning med sædskiftets betydning for kulstofbalancen i jorden spiller gødningen dog en væsentligt mindre rolle. Mangeårige forsøg på Askov forsøgsstation har vist, at det er helt afgørende for at en given jord kan opretholde sit kulstofindhold, at der i sædskiftet indgår en væsentlig andel (flerårig)græs, der efterlader en meget stor rodmasse. I den sammenhæng spiller organisk gødning kun en sekundær rolle. Denne vigtige rolle af (kløver)græs i sædskiftet har man også kunnet konstatere i Tyskland, se nedenstående figur.

Einfluss von Klee-Luzerne-Gras auf die C_{org} -Gehalte

Dauerfeldversuch auf sandigem Lehm (Hülsbergen 2003)



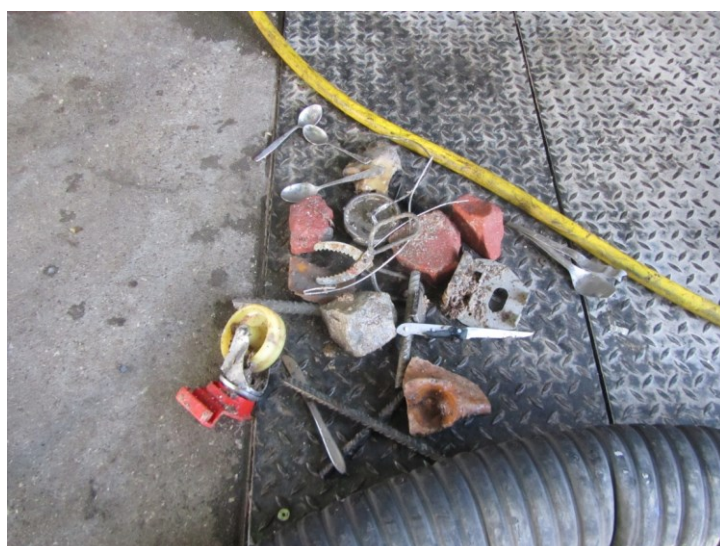
1

Kløver/lucerne-græs' indflydelse på jordens C-indhold

Det fremgår af figuren, at et sædskifte med kløver/Lucerne-græs lettere kan opretholde et oprindeligt kulstofindhold end et sædskifte uden græs. Effekten er naturligvis større, jo større en andel græsset udgør af det samlede sædskifte, f.eks. 20 - 33 % - 1 år ud af 5 eller 1 år ud af tre.

Dybstrøelse er imidlertid desværre ikke altid kun faeces og halm, men kan ofte indeholde urenheder som sten, betondele, værktøj, bindegarn og meget andet, som er tabt i stalden, indsamlet med halmen eller samlet op af gummigeden under håndteringen indenfor eller udenfor.

¹ Hülsbergen, K.-J. (2011): Einfluss von Biogassystemen auf die Humusversorgung von Ackerböden – Möglichkeiten zur Optimierung. Indlæg på Bioenergiekonferenz in Nürnberg 2011



Ovenstående billeder er venligst udlånt af Lemvig Biogas og viser fremmedlegemer fundet ved tømning af modtagetank

Billederne viser et righoldigt udsnit af fremmedlegemer, der kan komme med dybstrøelsen. Selv ved gylletransport kan en del komme med. Men det er indlysende alene af størrelsen af nogen af eksemplerne, at de fleste større dele må være kommet med tilførsel af faste biomasser.

Det betyder naturligvis, at de valgte systemer til håndtering af dybstrøelse skal være robuste. De skal langt hen ad vejen kunne håndtere fremmedlegemer i større eller mindre omfang.

Der er principielt 3 måder dette kan ske på:

- 1) Problemet løses ved opblanding og bundfældning af sten og jernstumper i en modtagetank – eks. Landia
- 2) Fremmedlegemer frasorteres i videst mulig omfang inden indfødning i reaktor. Jern kan med magneter frasorteres, mens sten ofte i større eller mindre omfang vil blive ført ind i reaktoren og bundfældes her – eks.: Extruder.
- 3) Fremmedlegemer – sten - knuses i maskinen – eks.: Kædeknuser. Systemet kan naturligvis kombineres med magneter.

Under alle omstændigheder er det indlysende, at forekomsten af fremmedlegemer giver et stort slid på et hvilket som helst materiel og en ekstra stor driftsomkostning til vedligehold og udskiftning af sliddele. Derfor bør alle biogasprojekter på et tidligt tidspunkt i planlægningen tage problemet op og arbejde sammen med leverandørkredsen for at minimere problemet. Og i den sammenhæng er blot og bar opmærksomhed på problemet blandt leverandørerne naturligvis en væsentlig forudsætning.

3) Logistik og organisering

Størsteparten af dybstrøelsen produceres i malkebesætninger og her tømmes stalden typisk to gange om året – forår og efterår. I forbindelse med forårstømningen organiseres tømningen oftest så gødningen kan køres direkte på mark fra stalden. Det er klart, at dette kan afstedkomme en del praktiske problemer i forbindelse med anvendelse af gødningen på biogasanlæg, fordi mængderne kan være betydelige og bliver produceret i meget store portioner.

For en malkekvægsbesætning på 100 køer bliver årsproduktionen på ca. 1.000 tons med et tørstofindhold omkring 30 %. Antages to årlige tømninger skal der således håndteres ca. 500 tons pr. gang. Hertil kommer en mindre mængde fra kalve og opdræt ca. 300 tons, der måske i praksis produceres mere jævnt over året.

For et biogasanlæg, der skal behandle gødning fra 1.000 DE, vil mængden således blive omkring 10.000 tons pr. år, og selvom den produceres af to omgange er mængden anseelig og kan give problemer i forbindelse med især lagringen, som enten må ske på den enkelte gård eller i et vist omfang på anlægget.

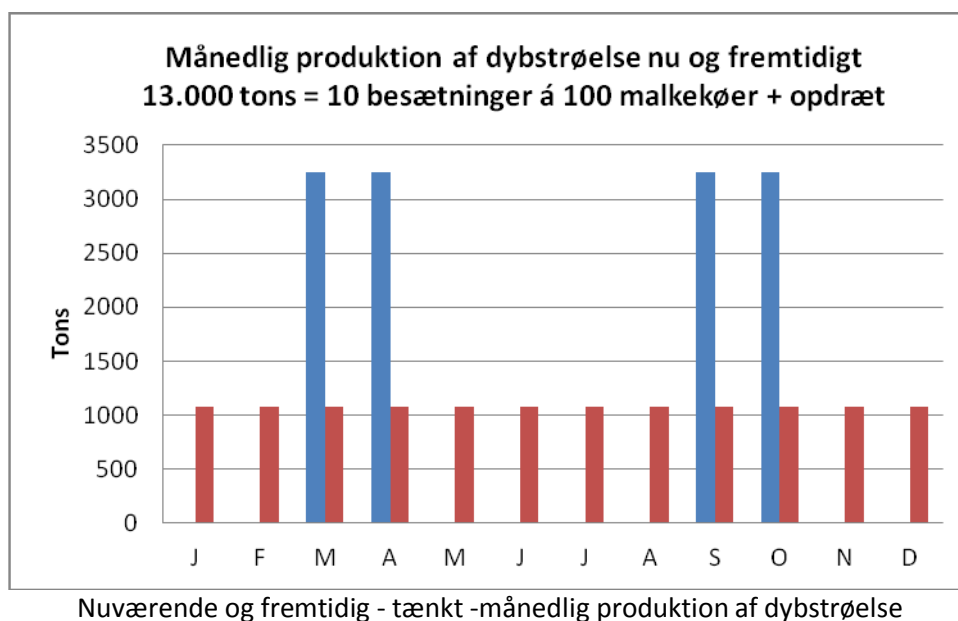
Et andet aspekt som må tages i betragtning er, at for hver gang gødningen håndteres og flyttes beluftes den i praksis, svarende til en omstikning af en kompostbunke, og en aerob nedbrydning, kompostering, startes. Dvs. at jo ældre gødningen er og jo flere gange den er håndteret, jo større en del af energiindholdet mistes, og gødningen bliver tilsvarende mindre værdifuld for biogasanlægget.

Den vigtigste grund til at dybstrøelse fra malkebesætninger kun håndteres to gange årligt er dog ofte praktiske hensyn på bedriften. Ved en fremtidig tilslutning som leverandør til biogasanlægget er dette hensyn dog ikke nær så relevant længere. Bedriften skal i stedet for dybstrøelse fremover anvende afgasset gylle på markerne, og i den sammenhæng kan der anvendes forskellige praksisser i forhold til leverede og returnerede mængder. Enten kan bruget få en mængde retur svarende til den leverede, dvs. 1 ton dybstrøelse = 1 ton afgasset gylle. Eller bruget kan få en mængde tilbage svarende til den leverede mængde kvælstof, dvs. 1 ton dybstrøelse = ca. 1½ ton afgasset gylle. Under alle omstændigheder skal der etableres lovformelig gylletankkapacitet beregnet som 9 måneders opbevaringskapacitet. Landmanden bliver dermed fremover helt fritstillet i forhold til anvendelse af gødningen, og i mange tilfælde vil staldtømningsfrekvensen derfor alt andet lige måske kunne øges til tre eller 4 gange pr. år, som man kan blive enige om og i øvrigt praktisk.

Hertil kommer, at flere leverandører givetvis uden større problemer vil kunne forskyde staldtømningerne i forhold til hinanden, således at en mere jævn produktion over året kan opnås. Det vil indebære flere fordele. For det første skal opbevaringskapaciteten for dybstrøelsen på gården og/eller biogasanlægget ikke være så stor, og for det andet produceres så frisk gødning som muligt.

I praksis kan der dog måske være problemer på visse tidspunkter af året med at tømme stalden, fordi man jo skal kunne finde plads til dyrene udendørs eller andetsteds mens tømningen foregår.

Nedenfor er en ideel tømningfrekvens i biogassituationen sat overfor den nuværende, når i alt 13.000 tons dybstrøelse fra 10 besætninger med hver 100 malkekøer + opdræt skal håndteres. Det er klart at en jævn produktionsfrekvens vil medføre langt færre logistiske problemer i forhold til specielt midlertidig opbevaring og transport end den nuværende.



I forbindelse med et konkret biogasprojekt skal der derfor planlægningsmæssigt tages hånd om dette aspekt i samarbejde med producenterne, senest når der skal skrives leveringskontrakt. Det sker mest hensigtsmæssigt ved et eller flere samarbejds møder med berørte producenter, hvor tidspunkter og procedurer planlægges.

4) Behov for ekstra lagerkapacitet

Dybstrøelsen omdannes som nævnt fra fast gødning til flydende i kraft af opblandingen med andre biomasser og pga. biogasprocessen, der nedbryder og fjerner en del af de organiske stoffer og dermed reducerer det gennemsnitlige tørstofindhold. Hertil kommer at biomassen tilbageføres til landbruget i nogenlunde samme takt, som den glider igennem biogasanlægget, da opbevaringskapaciteten på anlægget ofte er begrænset.

Mht. gylle er dette ikke noget problem. Frisk gylle hentes fra fortanken og afgasset afleveres i lagertanken på husdyrbruget. Men landbrug, der producerer dybstrøelse har ofte ingen eller kun en meget begrænset gyllelagerkapacitet. Der er derfor behov for etablering af ekstra gyllelagerkapacitet for 'omdannet' dybstrøelse.

Vægtfylden af dybstrøelse er ca. 0,7 kg/l. Dvs. 1 m³ vejer ca. 700 kg. I praksis kan det dog antages at 1 ton dybstrøelse, når den opblandes i væske, også omtrentligt fylder ca. 1 m³, svarende til en vægtfylde på 1.

Antages en nedbrydning i biogasprocessen af organisk stof på 50 % og et VS-indhold på 80 % af TS medfører det, at for hver leveret ton dybstrøelse produceres ca. 880 kg (= l) afgasset gylle, som fordrer etablering af ny lovpligtig lagerkapacitet, dvs. kapacitet til minimum 9 måneders opbevaring. For hver ton leveret dybstrøelse skal der mao. etableres ca. 0,7 m³ ny gyllelagerkapacitet.

Dette kan eventuelt ske centralt på anlægget, decentralt på de enkelte bedrifter eller måske mest hensigtsmæssigt decentralt ved markerne, hvor gødningen i fremtiden skal anvendes. Også sådanne forhold aftales nærmere med landmændene i planlægningsprocessen typisk i forbindelse med kontraktindgåelsen.

Omkostningen til etablering af tanke kan pålægges såvel anlægget som den enkelte leverandør, som man kan blive enige om. Med afskrivning og vedligehold og forventet levetid på 20 år er lageromkostningen omkring 12 kr./m³/år for tanke af normal størrelse og uden overdækning. En dybstrøelsesproducent må således enten selv etablere den nødvendige lagerkapacitet eller leje den af anlægget. Etableres ekstra tanke af anlægget vil dette prisniveau udgøre en rimelig lagerleje. Landmanden må således i sit budget som minimum indregne en:

$$\text{lageromkostning på ca. 6,30 kr./ton dybstrøelse} \\ (0,7 \text{ m}^3 \text{ afgasset} * (12*9 \text{ måneder}) * 12 \text{ kr./m}^3)$$

Der er ikke krav om fast overdækning (plastikmembran) af lagertanke. Men der er krav om, at et fuldt dækkende flydelag skal etableres for at forhindre fordampning af kvælstof. I mange tilfælde, i hvert fald når biomassen fortrinsvis består af gylle og organisk affald, etableres et flydelag ikke naturligt på biogasgylle, og man må etablere et aktivt. Det kan ske ved at læsse snittet halm, halmrig dybstrøelse eller Leca-nødder på overfladen. I de tilfælde hvor energiafgrøder udgør en stor andel af biomassen, og man som udgangspunkt opererer med et højere tørstofindhold, vil flydelaget derimod givetvis ofte etablere sig af sig selv, men det bør naturligvis altid overvåges om det faktisk sker.

5) Transport

Da dybstrøelse er fast kan denne biomasse ikke transporteres med tankbil, men må afhentes med containervogn, enten fast eller med ophalecontainer. På biogasanlægget omdannes biomassen som nævnt fra fast til flydende, og den resterende mængde skal derfor returneres til landbruget med tankbil.

For at minimere omkostningen benyttes store containere på 25 m³ og en nyttelast på 18 tons, hvilket kræver 4-akslede lastbiler. For at minimere lugtgener og tab af løs halm, samt af veterinære grunde bør containeren være overdækket under transporten. Fastmonterede presenninger på lastbilen minimerer tidsforbruget til håndteringen.

Prisen for en mand med vogn ligger omkring 600 kr./time. Ophaling, aflæsning, rengøring og anden håndtering kan skønnes at tage ca. 25 min. Heraf går ca. 10 min. til rengøring. Ved mere end et læs fra samme leverandør må det antages, at rengøringen kan udskydes til efter sidste læs. Herved kan spares noget tid og den faste omkostning vil i så fald blive lidt lavere end beregnet nedenfor.

Med disse forudsætninger og en effektiv fyldning - 18 tons - kan den faste omkostning beregnes til 14 kr./tons under optimale betingelser og rengøring mellem hvert læs. Den faste omkostning til containertransporten kan derfor anslås til:

Fast omkostning ved transport af dybstrøelse: 15 kr./ton

Den variable omkostning afhænger af afstanden biomassen skal transporteres. Anvendes samme timesats som ovenfor, en transporteret mængde på 18 tons og en gennemsnitshastighed for lastbilen på 50 km/time kan den variable omkostning til transport af dybstrøelse beregnes til:

Variabel omkostning ved transport af dybstrøelse: 1,35 kr./km afstand-ton

Dvs. der er også indregnet, at containeren skal tom retur til landbruget og hente et nyt læs. Men som nævnt skal 'dybstrøelsen' tilbage til landbruget i form af gylle, hvilket skal ske med tankbil.

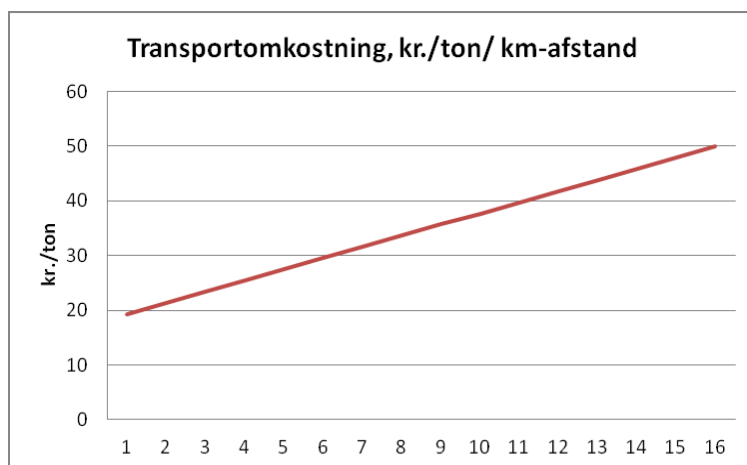
Det antages, som omtalt ovenfor, at 1 ton dybstrøelse 'omdannes' til og ækvivalerer 0,9 ton afgasset gylle, og igen antages en timepris på 600 kr./time, men nu en nyttelast på 32 tons (34 t tankvogn). Antages påfyldning, aflæsning og vask. m.m. at være 15 min. kan den faste omkostning til gylletransport beregnes til

Fast omkostning til gylletransport: 4,25 kr./ton dybstrøelse leveret

Igen antages tomkørsel tilbage til anlægget. I denne sammenhæng skal der ikke nødvendigvis rengøres mellem hver kørsel. Mest rationelt vil det typisk være at køre hele den pågældende leverandørs returmængde, måske 1.000 m³ eller mere, ud på en gang, så overdækning kan ske med det samme. Vask af tankbilen er derfor ikke tillagt nogen væsentlig tid. Også for gylle afhænger den variable omkostning af afstanden.

Variabel omkostning til gylletransport: 0,70 kr./km afstand / ton dybstrøelse leveret

Den samlede omkostning til transport af dybstrøelse til biogasanlægget, og den deraf følgende returnering af afgasset gylle til landbruget kan således anslås til:

Fast omkostning: 19,25 kr./ton dybstrøelse leveret**Variabel omkostning: 2,05 kr./km afstand /ton dybstrøelse leveret**

Transportomkostning for dybstrøelse, kr./ton pr. km afstand mellem leverandør og anlæg

6) Praktiske forhold ved opbevaring samt lugtproblematik ved anvendelse af dybstrøelse

Anvendelse af dybstrøelse som biogassubstrat giver anledning til nogle overvejelser i forhold til praktiske håndteringsmæssige aspekter og begrænsning af lugtgener. I forbindelse med lugtproblematikken på biogasanlæg er det vigtigt at gøre sig klart, at der ikke knytter sig de samme problemer til dybstrøelse som f.eks. til organisk industriaffald. Hvor industriaffald ofte kan lugte særdeles kraftigt og ilde, og kan være direkte ubehagelig og nærmest kvalmefremkaldende for mange mennesker, er lugten af dybstrøelse, især fra kvæg, mere forbundet med 'lugten' af landbrug og ikke med nær samme ubehag.

Alligevel vil der på et biogasanlæg være behov for at forsøge at kontrollere og mindske lugtgener i forbindelse med anvendelsen af dybstrøelse mest muligt. Typisk vil anlægget i sin miljøgodkendelse blive stillet overfor krav om maksimalt 10 lugtenheder i skel og 5 ved nærmeste nabo. Det er forholdsvis skrappe krav, og kan man ikke overholde sådanne, risikerer man lukning af myndighederne.

Det stiller nogle ikke helt enkle krav til anlæggets udformning og håndtering af denne biomasse, da man jo ikke kan påstå at dybstrøelse overhovedet ikke lugter. Som nævnt tidligere er der et logistisk problem - eller udfordring - i at få dybstrøelsen tilført anlægget så jævnt over året som muligt. Helt undgå en vis mellemlagring vil dog næppe være muligt. Men generelt anbefales det, at mellemlagring, i så stor udstrækning som muligt, sker på den enkelte bedrift, således at kun så en mindre mængde til hver en tid opbevares på biogasanlægget. Helt undgå lagring af dybstrøelse på anlægget kan man dog næppe, hvis anlægget skal fodres i en nogenlunde jævnt strøm også hen over weekends og helligdage. Man må således overveje to muligheder.

Udendørs opbevaring i plansilo

I mange tilfælde skal der på nye biogasanlæg under alle omstændigheder etableres en større eller mindre plansilo til opbevaring af energiafgrøder og andre faste biomasser. En del af en silo kan afsættes til dybstrøelse, evt. i et særligt kammer med mulighed for overdækning. Siloen opbygges som en almindelig plansilo med betonvægge på ca. tre meters højde. Der bør være mulighed for afdækning med en presenning, som dog skal være hurtig og nem at tage af efterhånden som siloen tømmes. Til dette formål kan evt. anvendes en type presenning, som også bruges til vindafskærmning af udendørs kalve og kviestalde. Disse kan evt. fastgøres i den ene side, og trækkes hen over dybstrøelsen. Af andre løsninger kan nævnes rullepresenninger, som kendes fra lastbilbranchen, eller faste overdækninger, der åbnes og lukkes hydraulisk, som et låg. En udfordring i forhold til overdækninger er det, at siloen gerne må være bred for at være rummelig, det vil sige minimum 8-10 m. Nogle overdækninger er nemlig ikke velegnede til store spændvidder.

En mulig løsning

En plansilo med dimensionen 50 x 8 m, vil kunne rumme ca. 850 tons dybstrøelse ved 3 meters højde og en vægtfylde på 700 kg/m^3 . Plansiloen etableres som almindelig silo til ensilage, dog med mur på tre sider. Efterhånden som der fyldes op med dybstrøelse, trækkes presenninger over dybstrøelsen i baner af 6 meter. De kraftige presenninger er oprullet i den ene side og opstrammet med en fjederpåvirkning. For at trække presenninger over til den anden side, skal der være et wirespil for hver 6 meter, der kan trække den over. Systemet kræver, at siloen er topfyldt, det vil sige, at det er kørt sammen, så det står i en bue, der naturligt medfører, at regnvandet kan løbe ned ad siderne, og samtidig forhindre at presenningerne blafre.

Efterhånden som siloen tømmes rulles presenningen fra igen i baner på 6 meter. Det vil være en fordel at tømme siloen med en skæreklo, for at 'rode' mindst muligt op i dybstrøelsen. Et sådant system kan ikke blive helt lufttæt og vil ofte være åbent i den ende, hvor der tages fra. Det kan delvis løses ved at trække plastic eller presenning ned for enden, men umiddelbart kan det ikke ske så automatisk som med tildækning fra siderne. Det vil være en fordel, at siloen har endevæg, for at være mest mulig tæt.

Presenningsrullerne, der er monteret på plansiloens vægge, kan monteres så de skiftevis er placeret i den ene og den anden side. Det har den fordel, at der kan laves lidt overlap på presenningerne, så systemet bliver tættere.

Fordele:

- Simpelt lavteknologisk system, der til en vis grad reducerer lugtgener
- Når presenningen er rullet til side, generer den ikke under fyldning

Ulemper

- Systemet kræver at siloen kan topfyldes, så regnvandet kan løbe af
- Systemet er ikke 100 % lufttæt, og der vil være åbent i den ende, hvor man tager dybstrøelsen fra
- Systemet vil ikke være tæt nok til, at der kan etableres udsugning



Eksempel på plansilo fra Lundsby Industri og biogasanlæg

Prisoverslag på plansilo

Plansilo på 50 x 8 m og 3 m væghøjde. Rumfang 1.200 m³ = ca. 750 tons dybstrøelse
Prisoverslag for plansilo er ca. 360.000 kr.

Prisoverslag på presenningsløsning

En løsning med presenninger på 8 x 6 m med wire til udrulning af presenningen. Overslagsprisen for én bane på 6 m med beslag til montering på silovæg og wireudrulning er ca. 30.000 kr. Til en silo på 50 m's længde skal der bruges ca. 8 baner.
En samlet overslagspris bliver således ca. 240.000 kr.

Et alternativt hollandsk system til tildækning af ensilage, kan også anvendes til dækning af dybstrøelse, se nedenfor. Den kraftige presenning kan genbruges og er dækket af 10 års garanti ved anvendelse til tildækning af ensilage, der dækkes én gang årligt. Ved anvendelse til dybstrøelse må det forudses, at systemet skal bruges noget oftere.



Presenningen holdes på plads af saltvand i lange pølser. Under afdækning tømmes saltvandet ud igen og genbruges.



Presenningen rulles ud ved at trække den efter en læssemaskine. Afdækning foregår ved at maskinen med hydraulik ruller den sammen, mens læssemaskinen flytter holderen.

Systemet kræver, at der kan køres i dybstrøelsesstakken for at rulle presenningen ud. Det kan blive et problem, hvis der fyldes i siloen af flere gange, hvor det ikke er muligt at køre det sammen.

Prisen på tildækningsystemet starter fra ca. 250.000 kr. incl. tildækningsplastic til én plansilo. Systemet kan leveres i 10 m, 12 m og 15 m bredde og en længde på 40 meter.

Med opbevaring af dybstrøelse udendørs i plansilo vil det givetvis, som nævnt ovenfor, være overordentlig vanskeligt konstant at overholde ovennævnte grænseværdier for lugtenheder. Indlægning af en vis mængde sker naturligvis ikke på en gang, men må antages f.eks. at vare mindst en dag. Under denne proces vil det ikke være praktisk at kræve materialet fuldt afdækket mellem hvert læs. I så fald vil anvendelsen hurtigt gå hen og blive urentabel. Det vil derfor næppe kunne undgås at stakken 'slipper en vind' under indlægningen.

I forbindelse med indlægningen (= omstikning) vil materialet uafvendeligt gå i kompostering, og i dagene efter indlægningen vil temperaturen stige og materialet afgive noget lugt. Sammenkøring af materialet vil mindske denne effekt, men vil samtidig kræve øget rengøring af traktor, hvis lugtproblematikken tages alvorligt.

Ved afhentning af materiale fra plansiloen til indfødning må en eventuel afdækning fjernes for en kortere stund, og igen vil der i dette tidsrum være risiko for lugtudspredning i en mængde, der overskrider ovenstående grænseværdierne.

Ovennævnte systemer til mere eller mindre automatiseret overdækning vil mindske problematikken omkring lugt fra dybstrøelse. Men helt fjerne risikoen, kan man næppe ved udendørs opbevaring.

Indendørs opbevaring

Som alternativ kan en mindre mængde dybstrøelse evt. opbevares indendørs. Fordelen er, at lugt fra materialet vil kunne styres fuldstændigt via anlæggets lugtrensningssystem, der kan dimensioneres til at omfatte dette lugtbidrag også.

I en lukket bygning er der mulighed for at etablere udsugning, så luften kan føres til luftrensningsanlæg. I bygningen skal der være et mindre undertryk svarende til 1-2 gange luftskifte i timen. Når en port åbnes kan luftskiftet øges til 6-8 gange i timen, for at mindske risiko for at store luftmængder spiller ud fra hallen. Det betyder, at desto mindre bygningen kan blive, des mindre krav vil der være til luftskiftet. Samtidig skal porten også helst åbnes så sjældent som muligt. Af samme årsag skal lastbiler eller andre køretøjer helst kunne læsse af indenfor, hvilket kræver meget stor tiphøjde, der let kan blive med 10 m til loft og således give en meget voluminøs hal.

Andre alternativer kan være en rampe, eller at udnytte terrænforskelle så lastbiler kan holde udenfor og tippe direkte ind igennem en åbning i bygningen. I så fald behøver bygningen ikke være helt så høj, og man kan undgå at åbne porten under denne delproces.

Der findes også lastbiler/vogntyper med et afskubbesystem eller bevægelig bund (anvendes f.eks. til champignonkompost), hvor aflæsning sker ved at skubbe materialet af vognen i stedet for tipping. Det stiller mindre krav til bygningens højde, og med dette system er der også mulighed for at holde udenfor, og skubbe dybstrøelsen igennem en åbning ind i bygningen. Bygningen skal have betonsider som i en plansilo, fordi en gummigedden skal kunne dykke dybstrøelsen op mod muren, og kunne køre det sammen og f.eks. føde materialet ned i en grav, hvor det oprives og snegles videre til reaktor eller fortank eller læsse det på en biomikser der opriver og fører det videre til evt. videre forbehandling.

Forholdsvis store koncentrationer af ammoniak og evt. svovlbrinte vil i perioder evt. kræve anvendelse af åndedrætsværn for driftspersonalet og vil samtidig udgøre et særdeles hårdt og korrosivt miljø både for bygningen, og for de maskiner, der skal anvendes derinde.



Hollandsk anlæg til opbevaring og indfødning af kyllingemøg

I Holland findes et nyere forbrændingsanlæg til forbrænding af kyllingemøg. Det forbrænder ca. 440.000 tons om året. Transport af kyllingemøg foregår med lufttætte sættevogne for at undgå lugt. Når der tippes af på anlægget forgår det indenfor i en stor hal med udsugning. En sådan bygning til opbevaring af en stor mængde dybstrøelse, med et doseringssystem til indfødning i reaktor er en omkostningstung løsning.

Ulemperne ved indendørs opbevaring er derfor flere. For det første vil man næppe kunne opbevare helt så stor en mængde som udendørs. For det andet kan arbejdsmiljøproblemer især i form af frigivelse af ammoniak i usunde koncentrationer i læsse-/lossehallen næppe heller helt undgås ved håndtering indendørs. Niveaue er ukendt, og hvor vidt det vil være så stort, at det vil kræve anvendelse af åndedrætsværn af folk, der færdes i hallen, vides ikke.

7) Teknologi til forbehandling og indfødning i reaktor

Dagens biogasanlæg er primært indrettet til at kunne håndtere gylle og anden pumpbar biomasse. Så når tørstofindholdet kommer over et vist niveau, kan det give problemer. I tidens løb er der udviklet forskellige teknikker, som kan forbehandle biomasse med et højt tørstofindhold. Mest kendt er trykkogning, der har fungeret på anlægget i Over Løjstrup i en længere årrække. Men forskellige systemer til findeling af biomassen er på vej, f.eks. ekstrudering, som man har opnået lovende resultater med på AU Foulum.

Metoderne adskiller sig på en række punkter, og visse typer er velegnede til meget tør biomasse (>75 % TS), mens andre er mere velegnede til mere våde biomasser (20-50 % TS), og atter andre kan håndtere en meget bred vifte af tørstofprocenter. I nærværende undersøgelse er der fokuseret på teknologier, der kan håndtere dybstrøelse med et tørstofindhold på 20-70 %, medens metoder, der kun kan håndtere helt tørre biomasser ikke er medtaget.

De typer teknologier, der er inkluderet i undersøgelsen er vist i nedenstående tabel.

Teknologier	Forhandler
Kædeknuser	MeWa
Ekstruder	Lehmann
Hammermølle	AB skovservice
Opblanding/Macerering	Landia
Trykkogning	Xergi, OL

Liste over teknologier der er inkluderet i undersøgelsen

Selve indføddningen af biomassen kan ske ved opblanding i flydende biomasse som gylle i en mindre fortank og efterfølgende indpumpning i reaktorn. Eller det kan ske ved tør indføddning med snegl i toppen af reaktoren.

7.1 Ekstrudering

Ekstrudering af fast biomasse har vundet en vis udbredelse i Tyskland. Fordele ved anvendelse af en ekstruder er dels at materialet bliver nemmere at håndtere, at energiforbruget til omrøring reduceres og at den biologiske omsættelighed og dermed gasproduktionen af materialet øges. Ved AU Foulums biogasforsøgsanlæg er der etableret et forbehandlings- og indføddningsanlæg. Princippet fungerer ved at baller af enggræs tilføres en biomikser, der minder om en foderblander. Mikseren er en stor beholder med tre vertikale blandesnegle, der opriver ballerne. Via transportbånd føres biomassen til ekstruderen, hvor den behandles. Ved hjælp af to snegle presses biomassen sammen under højt tryk. Det udvikler varme. Når biomassen forlader maskinen, lettes trykket pludseligt, hvilket medvirker til at sprænge plantecellerne. Efter ekstrudering ligner biomassen kompost og virker mere våd end forventeligt. Biomassen 'åbnes' således og får en større overflade.

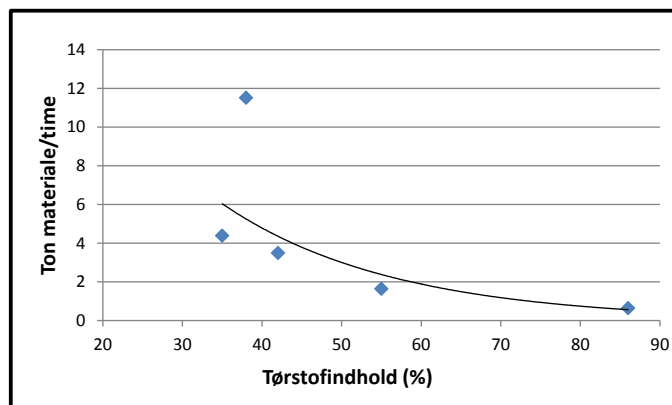
Ekstruderens kapacitet ligger på 1,2-12 tons i timen, men kapaciteten er stærkt afhængig af tørstofprocenten, se nedenstående figur.

Fra Ekstruderen fører et transportbånd og en snegl biomassen ind i toppen af reaktoren.



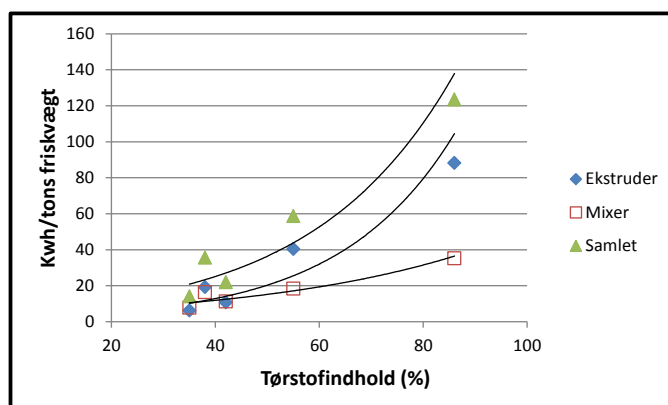
Mikseren til venstre føder den oprevne biomasse ind i ekstruderen (blå), hvorfra den føres videre til reaktor tanken (til højre).

Den samlede investering i Foulum har været på 5,5 mio. kr., hvoraf selve ekstruderen har kostet 1,3 mio. kr.



Ekstruderens kapacitet som funktion af biomassens tørstofindhold

I nedenstående figur er energiforbruget angivet som funktion af tørstofindhold. Det fremgår, at energiforbruget stiger eksponentielt med tørstofindholdet. Dybstrøelse har et mindre energiforbrug pr. kg tørstof end f.eks. tør biomasse som halm.



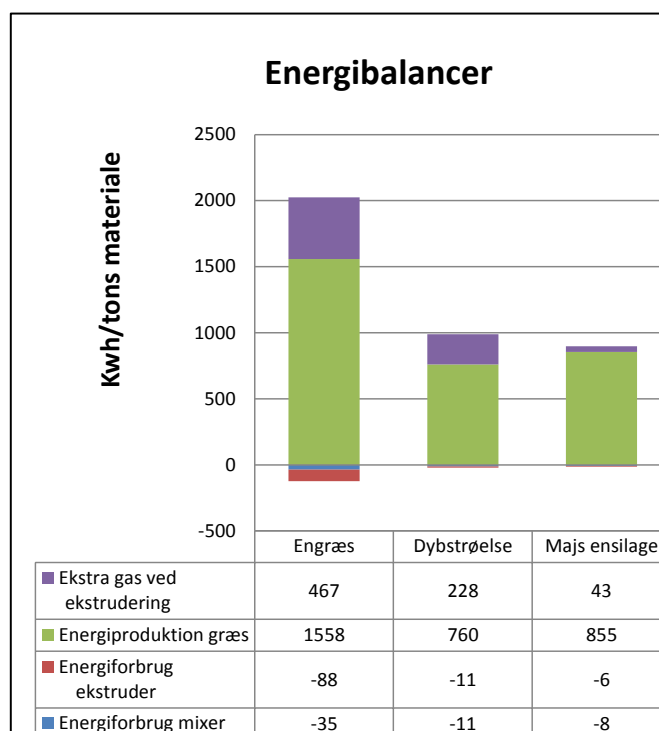
Energiforbrug af ekstruder og fødeenhed (mikser) som funktion af tørstofindhold

Der anvendes en del energi til ekstruderingsprocessen. Men næsten halvdelen af energiforbruget anvendes af mikserenheden.

Der er udført biogasforsøg med græs, dybstrøelse og hvedehalm, og der er opnået et betydeligt ekstraudbytte ved ekstrudering. Merudbyttet ved ekstrudering af de nævnte biomasser er 15-27 % ved 20-30 dages udrådning (HRT). Ved langtidsudrådning er ekstraudbyttet 1-10 %. Hvis opholdstiden er tilstrækkelig lang, er der således kun et begrænset merudbytte. Til gengæld giver ekstruderen mulighed for en langt højere belastning af reaktoren ved kortere opholdstider uden problemer med flydelag.

I nedenstående figur er energibalancen ved de 3 biomassetyper vist, og det fremgår, at det ekstra gasudbytte, der opnås, er langt større end energiforbruget til forbehandlingen.

På baggrund af 7 måneders drift på Foulum, hvilket er en forholdsvis kort periode, er vedligeholdelseskostningerne pt. estimeret til ca. 20 kr./tons pga. et forholdsvis stort slid på sliddele.



Energibalancer ved forbehandling med ekstrudering (Møller 2013).

7.2 Kædeknuser

En ny type forbehandling kaldet Bio-QZ eller 'kædeknuser' produceres i Tyskland (<http://www.bio-qz.com/>). MeWa's BIO-QZ forarbejdningsanlæg til energiafgrøder er velafprøvet i blandt andet Tyskland igennem de sidste 3 år.

Kædeknuseren er enkelt opbygget med en kæde i bunden af en cylindrisk beholder. Kæden roterer med høj hastighed og sønderdeler biomassen. Dette giver anledning til et større gasudbytte og mindre problemer med omrøring og flydelag.

Af nedenstående figur er princippet i kædeknuseren illustreret. Maskinen kan anvendes til et bredt udvalg af biomasser som energiafgrøder, dybstrøelse fra kvæg, heste, kalkuner, kyllinger m.m., organisk affald fra husholdning m.m. Anlægget fungerer ikke på tør halm alene.



Princippet i en kædeknuser

Der findes en række modeller af kædeknuseren som vist i nedenstående tabel. Modellerne har installeret effekt fra 55-250 kW. Kapaciteten i dybstrøelse er fra 3 til mere end 10 tons/time, og afhængigt af hvor mange % af installeret effekt, der bruges, vil energiforbruget være 8-11 kWh/tons i dybstrøelse.

	QZ 900		QZ 1200		QZ 1400		QZ 1600		QZ 2000
Installeret effekt, kW	55	75	75	90	120	132	132	160	250
Elforbrug (% af inst. effekt)	50-70%		50-70%		50-70%		50-70%		50-70%
Dybstrøelse og Hestemøg tons/time	3	4	5	6	-	-	-	>10	-
Energiforbrug dybstrøelse kWh/tons	8-11								

Nøgletal for forskellige kædeknusermodeller.

Investeringen af den mindste enhed er angivet til 1,6 mio. kr. Men før anlægget kan fungere, skal der også tilsluttes en fødeenhed mm.

Driftsudgifterne drejer sig primært om udskiftning af kæder og foring af beholder, og ifølge forhandler er omkostningen i en besværlig biomasse med højt sandindhold ca. 1,64 kr./ton til kæder og 0,75 kr./ton til foring, dvs. i alt ca. 2,39 kr/tons i sliddele

7.3 Hammermølle

Der findes et stort udvalg af hammermøller. Typisk anvendes udstyret til halm, kompost m.m. og anvendelsen til dybstrøelse er endnu ikke udbredt. AB skovservice har imidlertid ombygget en neddeler til have/parkaffald, som bruges til forbehandling af dybstrøelse. Den løsning er valgt på Maabjerg biogasanlæg. I første omgang aftager Maabjerg Bioenergy ca. 100-150 tons dybstrøelse om dagen.

En mobile hammermølle er oprindeligt beregnet til neddeling af have/parkaffald. Den drives af en 600 hk motor, som får 'møllen' med de 28 hamre til at rotere med 1.100 omdrejninger/minute. Kapaciteten er på over 40 tons dybstrøelse i timen. Men erfaringen har vist, at materialet skal køres 2 gange igennem, så den reelle kapacitet er nærmere 20 tons i timen.

Hvis det antages at udstyret i gennemsnit kører med 80 % af det maksimale effektbehov vil energiforbruget være ca. 18 kWh/ton. AB Skovservice' pris ligger på lidt over 100 kroner/ton findelt dybstrøelse. Men hvor meget avance, der ligger i denne pris er uklart. Men det må formodes, at den reelle behandlingsomkostning er lavere. Et kvalificeret bud vil være en omkostning på 90 kr/tons.

Der må forventes en vis NH₃-emission ved behandlingen, og det må forventes, at der vil skulle gøres tiltag for at mindske dette.

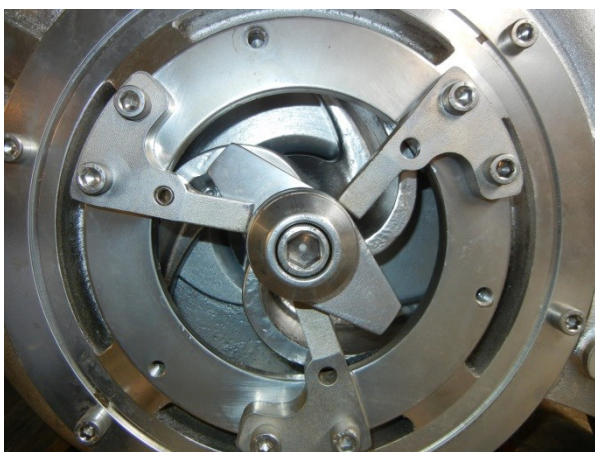
7.4 Opblanding/macerering

Den simpleste og billigste metode at håndtere dybstrøelse på er ved opblanding i gylle. Denne teknologi har i tidens løb været praktiseret med varierende succes mange gange, og har indtil videre ikke nået den store udbredelse grundet problemer med at få dybstrøelsen opblandet i gyllen efter aflæsningen, ligesom det høje tørstofindhold har givet problemer i varmevekslere. I dag findes der imidlertid et anlæg i Hemmet ved Tarm, hvor man tilsyneladende med succes blander ca. 10 % dybstrøelse i gyllen.

Den faste biomasse blandes op med gylle i anlæggets fortank. Fortanken er af størrelse beskedent for lettere at blande den faste biomasse op i gyllen. Fra fortanken pumpes blandingen over i reaktortankene med en speciel snitterpumpe, der findeler biomassen til en partikelstørrelse på 8-10 mm. På anlægget har man ikke oplevet tilstopning af varmevekslere, hvilket formentligt skyldes, at man bruger en ny type veksler, hvor den afgassede gylle køles ned med en varmepumpe.

Kernen i denne teknologi er snitterpumpen, som har en installeret effekt på 18,5 kW. Kapaciteten på snitterpumpen er i princippet meget høj, og den kan pumpe 50-100 m³ timen, svarende til ca. 15 m³ dybstrøelse i timen. Kapacitetsbegrænsningen ligger derfor primært i opblandingen inden blandingen behandles i snitterpumpen.

Energiforbruget med denne teknologi er begrænset, da det primært er pumpningen med snitterpumper der kræver energi, og ved anvendelse af 10 % dybstrøelse vurderes energiforbruget kun at være ca. 1 kWh/ton.



Skærehovedet i snitterpumpe fra Landia og omrører i hygiejniseringsstank

Investeringen i snitterpumpen er ca. 60.000 kr. Hertil kommer, at det er nødvendigt med en opblandingstank og fødeudstyr til tanken. På alle anlæg er en eller flere fortanke nødvendige så en del af denne investering vil skulle foretages under alle omstændigheder. På store anlæg er fortankene imidlertid så store at blandetanke til dybstrøelse vil være en ekstra investering. Et evt. merudbytte af gas med denne teknologi kendes ikke, men forventes at være beskedent.



Tilsætning og opblanding af dybstrøelse i gylle

7.5 Trykkogning

Trykkogning har i en længere periode været en kendt teknologi til forbehandling af biomasse med henblik på at øge gasudbyttet, og det Norske firma Cambi har solgt flere anlæg til forbehandling af spildevandsslam før tilførsel til rådnetankene. Der eksisterer enkelte anlæg til behandling af husdyrgødning produceret af det daværende GreenfarmEnergy. På anlægget i O. Løjstrup anvendes teknologien. Princippet er, at den faste biomasse via et transportsystem tilføres trykkogeren, hvor der tilføres kalk. Parallelt hermed tilføres der flydende biomasse, så der opnås et optimalt mix pr. batch. Trykkogeren tilføres damp og processen foregår under minimum 3 bars tryk og ved temperaturer på minimum 134 grader celsius i 20 minutter. Som integreret del af processen fjernes N fra biomassen. N absorberes i form af en flydende NS gødning, der afsættes til landbrug. Efter trykkogning er biomassen flydende og ved blanding med gylle eller anden flydende biomasse, køles biogassen ned forud for afgang i termofile biogasreaktorer. Der er dokumenteret en ekstra gasproduktion med teknologien på ca. 30-40% i dybstrøelse. Energiforbruget er overvejende varme, som i det omfang spildvarme kan bruges, udgør en begrænset omkostning, da varmen genbruges til at opvarme reaktoren efterfølgende. Der er endvidere et ikke ubetydeligt elforbrug til at rotere trykkoger mm.

8) Økonomi , energiforbrug, investering, vedligeholdelsesomkostninger og

Merudbytte

Økonomiske sammenligninger af maskineri

De forskellige teknologier der er beskrevet i afsnit 7, som kan anvendes til behandling af dybstrøelse varierer på en række driftsparametre herunder energiforbrug, investering og mulighed for at øge gaspotentialer. Det er vanskeligt at sammenligne teknologierne direkte og i første omgang er kun de mekaniske løsninger sammenlignet. Ved sammenligninger af priser til investering er det vanskeligt præcist at fastslå, hvor meget der indgår i investeringen, når leverandøren opgiver en pris. Derfor er det forsøgt at dele prisen op i prisen for selve forbehandlingssenheden og den nødvendige infrastruktur på anlægget. Infrastruktur på anlægget er tænkt som lager, buffertank, fødeudstyr til forbehandlingssenhed samt el/SRO. Det er meget vanskeligt at anslå beløbet til dette, da det afhænger af de valg, det enkelte anlæg foretager.

Ved etablering af et lille bufferlager bliver omkostning til bemanning højere, da tilførsel skal ske oftere, og ud fra erfaringstal fra Foulum er det anslået, at investeringen til infrastruktur

udgør ca. 5 mio. til et anlæg, der kan håndtere ca. 10.000 tons dybstrøelse per år, svarende til en investering på 50 kr./ton/år. I tilfældet med et meget lavteknologisk anlæg, hvor infrastrukturen består af en gummiged, der tipper materialet i en tank før opblanding vil dette tal være langt lavere. Men på store anlæg vil denne løsning sikkert ikke være gangbar, og det er derfor besluttet, at anvende den samme investering til disse elementer for alle typer anlæg.

I tabel er der udført en sammenligning af 4 teknologier, og det fremgår, at den samlede nettogevinst varierer fra 102-225 kr./ton før aflønning af personale på biogasanlæg. I Foulum anslås omkostning til bemanning ved behandling af dybstrøelse til 30-50 kr./ton, hvor det største tidsforbrug vedrører fyldning af biomikser med gummiged.

Løsningen med det laveste overskud er den decentrale løsning med en mobil hammermølle. Løsningen med det største overskud er kædeknuseren, men der er kun en minimal gevinst i forhold til ekstruderen. Den simple Landia løsning er stor set på niveau med kædeknuser og ekstruder. En meget vigtig faktor i forhold til økonomien er det ekstra gasudbytte, der forventes, og her er der indregnet 30 % for kædeknuser og ekstruder, medens der kun er indregnet 5 % for Landia løsning og hammermølle. Denne forudsætning er helt afgørende for resultatet og ved anlæg med lang opholdstid (<30 dage) skal det bemærkes at der kun kan påregnes et mindre merudbytte. I det tilfælde at merudbyttet vurderes til 15 % vil Landia løsningen være den billigste teknologi.

Teknologi		Kæde	Ekstruder	Hammer	Op-	
Forhandler		knuser	Lehmann	mølle	blanding/	
Typer		QZ 900	MSZ-B74e	TIM	mac.	
		Mewa	Lehmann	AB skov	Landia	
					Snitter	
					pumpe	
Installeret effekt		kW	55-75	50	441	18,5
Biomasse		Type	Kvæg dybstrøelse			
Gasudbytte		m ³ CH ₄ /ton	40	40	40	40
Kapacitet		m ³ /time	3,5	5	20	15 ¹
Elforbrug		kWh/ton	8-11	10	18	1
Varmeforbrug		kWh/ton	0	0	0	0
Tørstofinterval		%	20-70	20-100	20-75	0-50
Investering	Forbehandling	Kr.	1.600.000	1.300.000	ukendt	60.000
Behandlet mængde	Max. kap.	ton/år (50 % kapacitet)	15100	21600	86400	64800
Investering	Forbehandling	Kr./ton (50 % kapacitet)	105	60		0,9
Investering	Infrastruktur	Kr./ton/år	50	50	ukendt	50
Afskrivning, forrentning	15 % p.a.	Kr./ton	23,4	16,5		7,6
Driftsudgifter	sliddele	Kr./ton	2,4	20	ukendt	1
Behandlingspris	Ekskl. bemanding	Kr./ton	32,1	44,2	100,0	8,6
Ekstra gasudbytte		%	15	15	5	5
Værdi ekstra gasudbytte		Kr./ton	28,8	28,8	9,6	9,6
Samlet gevinst	Ekskl. bemanding	Kr./ton	189	177	102	193

Tekniske og økonomiske beregninger ved behandling af kvægdymbstrøelse med 25 % tørstof. Forudsætningerne har været: Strømpris ved køb = 0,7 kr./kWh. Værdi af produceret CH₄=4,80 kr./m³. Afskrivning og forrentning af udstyr = 15 % p.a. af investering. ¹Tallet angiver kapacitet ved dybstrøelse, kapaciteten på den opblandede masse er ca. 100 m³/time.

Samlet set vil anvendelse af dybstrøelse bidrage med 177-193 kr./ton ekskl. omkostning til bemanding ved anvendelse af de bedste løsninger. Her er dog forudsat at anlægget i øvrigt er i stand til at håndtere dybstrøelse. For mange eksisterende anlæg, hvor biomassen skal pumpes igennem varmevekslere, vil det være meget problematisk at håndtere større mængde dybstrøelse. I sådanne tilfælde kan en tør indfødning med snegl eller en quickmix, hvor en mindre mængde afgasset materiale anvendes til at opblende biomassen være en mulighed.

Ved indfødning uden om varmevekslere vil problemerne være begrænset til varmeveksling af det afgassede materiale, hvilket vil give væsentligt færre problemer. Omrøring i reaktoren bør i tilfælde af større mængde dybstrøelse dimensioneres til et højere tørstofindhold.

Selskabsøkonomiske overslagsberegninger

Nedenfor er forsøgt gennemført en række sammenlignelige selskabsøkonomiske beregninger af, hvorvidt det er nødvendigt og kan betale sig, at anvende dybstrøelse og/eller energiafgrøder på et konkret anlægsprojekt. Dvs. et anlæg som er under planlægning, og for hvilket de fleste priser og driftsomkostninger kendes forholdsvis præcist på baggrund af en allerede afholdt licitation, samt oplysninger fra leverandører.

Som grundberegning er valgt en situation uden anvendelse af hverken dybstrøelse eller energiafgrøder, og ej heller tilskud af nogen art. Det er naturligvis ikke et realistisk scenarie og giver da også et gevaldigt negativt resultat, hvilket næppe kommer bag på nogen. Hensigten med grundberegningen er da også udelukkende at danne et nogenlunde ens udgangspunkt for senere sammenligninger af henholdsvis effekt af anvendelse af dybstrøelse ('gratis') med energiafgrøder (indkøbt), og en simpel forbehandlingsmetode med en mere avanceret.

Herefter er i de følgende beregninger 20.000 tons svinegylle erstattet med 20.000 tons dybstrøelse eller energiafgrøder (majsensilage) ved henholdsvis en simpel eller en avanceret forbehandling. Investeringen er således justeret i forhold til det nødvendige nye udstyr og ekstra lagerkapacitet. Det samme er omkostninger til el og almindeligt vedligehold, delvist på baggrund af data i ovenstående tabel.

Det skal bemærkes, at med forventning om anvendelse af 20.000 tons pr. år, knap 10 % af biomasse mængden, er maskineriet forholdsvis hårdt belastet (10 – 15 timer om dagen), og der kunne måske være grund til at anskaffe større modeller end her antaget (ovenstående tabel).

Endelig er biogaspotentiallet evt. justeret i forhold til et forventet merudbytte ved den pågældende forbehandlingsmetode og biomasse. Basisbiogasudbyttet af henholdsvis dybstrøelse og energiafgrøder er ansat til henholdsvis 62 og 170 m³ pr. ton (65 % metan, 30 % tørstof).

I forhold til det økonomiske resultat, er det således ikke konkrete talværdier der er relevante, men i stedet relative forhold.² Det er i øvrigt antaget, at energiafgrøder koster 300 kr. pr. tons ensilage, mens dybstrøelsen er gratis. I begge tilfælde betaler biogasanlægget transporten begge veje (fast biomasse ind, gylle ud).

² Det er valgt ikke at vise konkrete økonomiske resultater, selvom biomassesammensætningen og - anvendelsen principielt er fiktiv og ikke udtryk for en optimeret drift.

	Biomasser tons/år		Driftparametre og udbytte			Netto merin- vestering mio. kr.	Årlig forbed- ring af regnskab mio. kr.
Grund-beregning	Kvæggylle	20.000	Tørstof	5,9	%	-	-
	Svinegylle	200.000	Opholdstid	17	d (HRT)		
	Svinefibre	6.300	Belastning	2,6	kg VS/m ³		
	Minkgylle	5.000	Udbytte	21	m ³ /t biomasse		
	Energiafgrøder	0	Metanproduktion	3,1	mio. m ³ CH ₄		
	Dybstrøelse	0					
	I alt	231.300					
Simpel forbe- handling	Kvæggylle	20.000	Tørstof	8,1	%	4,4	1,6
	Svinegylle	180.000	Opholdstid	17	d (HRT)		
	Svinefibre	6.300	Belastning	3,6	kg VS/m ³		
	Minkgylle	5.000	Udbytte	25	m ³ /t biomasse		
	Energiafgrøder	0	Metanproduktion	3,7	mio. m ³ CH ₄		
	Dybstrøelse	20.000					
	I alt	231.300					
5 % ekstra gas- udbytte af dybstrøelse							
Simpel forbe- handling	Kvæggylle	20.000	Tørstof	8,1	%	4,4	2,2
	Svinegylle	180.000	Opholdstid	17	d (HRT)		
	Svinefibre	6.300	Belastning	3,8	kg VS/m ³		
	Minkgylle	5.000	Udbytte	33	m ³ /t biomasse		
	Energiafgrøder	20.000 ³	Metanproduktion	5,1	mio. m ³ CH ₄		
	Dybstrøelse	0					
	I alt	231.300					
Intet ekstra gasudbytte af energiafgrøder							
Avanceret for- behandling	Kvæggylle	20.000	Tørstof	8,1	%	7,7	1,9
	Svinegylle	180.000	Opholdstid	17	d (HRT)		
	Svinefibre	6.300	Belastning	3,6	kg VS/m ³		
	Minkgylle	5.000	Udbytte	26	m ³ /t biomasse		
	Energiafgrøder	0	Metanproduktion	3,9	mio. m ³ CH ₄		
	Dybstrøelse	20.000					
	I alt	231.300					
25 % ekstra gasudbytte af dybstrøelse							
Avanceret for- behandling	Kvæggylle	20.000	Tørstof	8,1	%	7,7	2,0
	Svinegylle	180.000	Opholdstid	17	d (HRT)		
	Svinefibre	6.300	Belastning	3,8	kg VS/m ³		
	Minkgylle	5.000	Udbytte	34	m ³ /t biomasse		
	Energiafgrøder	20.000 ⁴	Metanproduktion	5,2	mio. m ³ CH ₄		
	Dybstrøelse	0					
	I alt	231.300					
5 % ekstra gas- udbytte af ener- giafgrøder							

Eksempler på selskabsøkonomiske konsekvenser af anvendelse af dybstrøelse contra energiafgrøder

Fra 'Grundberegning' til 'Simpel forbehandling' er der således et investeringsmæssigt spring på ca. 4,4 mio. kr., hvilket fortrinsvis hidrører fra infrastrukturelle nødvendige elementer, f.eks. biomikser, 'fødekasse' m.m., samt ikke mindst ekstra gyllelagerkapacitet, som altså antages også at være nødvendige ved en simpel forbehandling, bl.a. fordi anlægget forudsættes at skulle belastes jævnt med dybstrøelse o.l. over året, dvs. også henover weekends og helligdage.

³ Købspris 300 kr./t 30 % ts. Transport og ekstra lagertank betales af biogasselskab

⁴ Købspris 300 kr./t 30 % ts. Transport og ekstra lagertank betales af biogasselskab

Fra 'Simpel forbehandling' til 'Avanceret forbehandling' kommer yderligere et investeringsmæssigt spring på ca. 3,3 mio. kr., der skyldes investering selve det avancerede forbehandlingsudstyr, plus udstyr til indfødning af biomassen direkte i reaktortanken m.m. Det sidste for at undgå beskadigelse af pumper m.m. pga. forekomst af eventuelle fremmedlegemer i såvel dybstrøelse som energiafgrøder. Sådanne fremmedlegemer forventes således bundfældet i reaktoren.

Resultatet er tilsyneladende at såvel en simpel som en avanceret forbehandling af dybstrøelse og/eller energiafgrøder væsentligt kan forbedre økonomien på et fuldskalaanlæg⁵. Men hvorvidt man af økonomiske grunde skal vælge en simpel eller en avanceret løsning er mere tvivlsomt. Der synes dog at være en svag økonomisk gevinst ved de avancerede forbehandlingsmetoder til dybstrøelse frem for den simple metode.

Tilsyneladende kan investering i avancerede forbehandlingsmetoder betale sig i forhold til anvendelse af dybstrøelse, mens det er ikke helt så entydigt i forhold til anvendelse af energiafgrøder, hvilket dog måske ikke er så mærkeligt, når der indregnes et mer-gasudbytte på 30 % for dybstrøelse og kun 5 % for energiafgrøder.

Overraskende nok fremgår det dog, at selv med en pris for energiafgrøder på 300 kr./tons kan disse tilsyneladende lige netop konkurrere med dybstrøelsen, selvom denne er gratis. Årsagen er naturligvis primært den store forskel i gaspotentiale. Energiafgrødepriserne er steget væsentligt de sidste par år og selvom der stadig i visse tilfælde kan købes majs til 1 kr./kg tørstof vil dette næppe være muligt de kommende år, hvis kornpriserne fortsat stiger. Det vil i givet fald gøre anvendelse af dybstrøelse mere fordelagtig end afgrøder.

Imidlertid vil et anlæg givetvis med fordel kunne optimere sin biomassesammensætning. Dvs. dybstrøelse kan og bør anvendes i det omfang, det kan skaffes lokalt. Ikke kun af selskabsøkonomiske årsager, men nok så meget af miljømæssige, og af landbrugsøkonomiske: der ligger en 'pæn' besparelse i håndteringen af gødningen på bedriften, ligesom der også ligger en ikke uvæsentlig værdi i en bedre næringsstofudnyttelse. Der er i øvrigt næppe tvivl om, at dybstrøelse også fint vil kunne anvendes sammen med energiafgrøder, evt. med en større eller mindre synergieffekt.

Der er næppe tvivl om at såvel simple som avancerede forbehandlingsmetoder kan være med til at forbedre økonomien på større anlæg, når vanskelige biomasser som dybstrøelse og f.eks. enggræs ønskes inddraget i biomassesammensætningen. Især avancerede anlæg er dog omkostningstunge, og derfor bedst egnede på større anlæg. En optimeret løsning kunne således evt. være primært at forbehandle vanskelige biomasser som dybstrøelsen, mens lettere omsættelige energiafgrøder evt. kan tilføres anlægget direkte.

Det skal dog bemærkes, at ovenstående resultater bør tages med visse forbehold. Lokale forhold kan være væsentlige. Og det må anbefales at mulighederne gennemregnes grundigt på hvert enkelt anlægsprojekt for at finde den mest optimale løsning i den givne situation.

⁵ Ingen forbehandling er ikke undersøgt nærmere her. Dvs. en situation, hvor man blot blander dybstrøelse og/eller energiafgrøder direkte i fortanken og pumper ind uden neddeling i et eller andet omfang. Mht. dybstrøelse anses dette ikke for muligt, pga. uundgåelige omrøringsproblemer og problemer med varmeveksling. I princippet kunne det dog evt. godt praktiseres ved anvendelse af majsensilage.

Henrik B. Møller
Peter J. Jørgensen
PlanEnergi
d. 3. juni 2013