

BIOGAS TIL TRANSPORT

BIOMASSERESSOURCER PÅ SAMØ TIL BIOGASPRODUKTION WP1



Gennemført med støtte fra Energistyrelsen – EUDP
September 2015

Titel:

Biogas til transport – Biomasse ressourcer til biogasproduktion.

Udgiver:

Samsø Kommune
Teknisk Afdeling
Søtofte 10
8305 Samsø

Kontaktperson:

Uffe Vinther Kristensen
Tlf.: 2855 1512
auuvk@samsøe.dk

Udgivelsesår:

September 2015

Forside:

Filskov biogasanlæg.

Rapport udarbejdet af:

PlanEnergi
Jyllandsgade 1
9520 Skørping

Telefon: +45 96820400

Peter Jakob Jørgensen
Per Alex Sørensen

Rettigheder:

Alle rettigheder forbeholdes Samsø Kommune. Mekanisk eller fotografisk gengivelse af denne publikation er kun tilladt med tydelig kildeangivelse. Skrifter der omtaler, anmelder, citerer eller henviser til foreliggende publikation, bedes tilsendt til: Uffe Vinther Kristensen, e-mail: auuvk@samsøe.dk

Indhold

1. Indledning

2. Husdyr og gødningsproduktion

Husdyrbestand og gødningsmængde

Potentiel udnyttelsesgrad og biogaspotentiale

3. Landbrugsarealer, planteavl og muligheder for produktion af efter- og energiafgrøder samt vurdering af halmoverskud

Landbrugsareal og anvendelse

Potentiale fra efterafgrøder

Dyrkede energiafgrøder

Potentiale fra enggræs og udyrkede arealer

Halmoverskud

4. Grønsags-konserverfabrikken Trolleborg

Grønsagsaffald

Spildevand

5. Gartneriaffald

Mængder

6. Organisk husholdningsaffald

Mængde

Model 1: Kildesortering og direkte anvendelse til biogasproduktion

Model 2: Kildesortering, transport til Harpesdal og sortering v.hj.a. De-Waster eller KomTek teknologi

Økonomiske forhold

7. Samlet biogaspotentiale på Samsø

Samlet mængde og biogaspotentiale

8. Næringsstoffer i biomasser

Næringsstofmængder i afgasset biomasse og samlet næringsstofbehov

Potentielle gødningsfraktioner med forskellige anvendelsesmuligheder

Efterkompostering af fiberfraktion

Prissættelse/omkostning ved separation

9. Overvejelser om energiafgrøder, kulstof, energibalance og kvælstoffixering

Industriaffald og energiafgrøder

Forskel på energiafgrøder

Agerbrug tærer på jordens ressourcer - betydning af sædskifte

Effekt på humusopbygningen af anvendelse af husdyrgødning til biogas

Hvor meget betyder kulstofreduktionen for emission af klimagasser?

Hvor meget kulstof kan en bælgeplante indleje?

Flerårige afgrøder og kvælstofudvaskning

Mindre pesticidforbrug

Kvælstoffixering

Kvælstoffixering og energibalance

Afsluttende bemærkninger

10. Landbrugsmæssige perspektiver af biogasproduktion

11. Kvælstofbalance før og efter etablering af biogasanlæg

1. Indledning

Dette notat omfatter en opgørelse af hvilke biomasser, der umiddelbart vil kunne være tilgængelige for en biogasproduktion til transport på Samsø. Desuden indeholder notatet nogle biologiske, miljømæssige fakta og overvejelser ved valg af energiafgrøder til biogasproduktion. Endelig er indbefattet et afsnit om landbrugs- og miljømæssige perspektiver og konsekvenser af at etablere et biogasanlæg på Samsø.

De store ressourcer på Samsø er husdyrgødning og især energiafgrøder, uden hvilke det ikke vil være realistisk, at etablere et økonomisk bæredygtigt anlæg af en vis størrelse. Men herudover findes en række mindre ressourcer, som mængdemæssigt måske ikke udgør en væsentlig del, men som f.eks. af miljømæssige årsager eller i forhold til Samsø's vision om at blive affalds-fri ø alligevel måske kunne være interessante at inddrage. Også andre biomasser, som f.eks. tang, kunne eventuelt inddrages, især hvis miljømæssige forhold spiller en væsentlig rolle for valget af biomasser.

I forhold til de tilgængelige ressourcer er det klart, at anlægget skal kunne være i stand til at modtage og håndtere såvel flydende som faste biomasser, hvoraf flere, f.eks. dybstrøelse og tang, samtidig kan være besværlige at håndtere og stiller særlige krav til materiellets holdbarhed. Meget taler således for et anlæg, der skal kunne håndtere mange forskellige biomasser. I den sammenhæng er det dog også klart, at jo flere biomasser, der inddrages, jo mere kompliceret bliver anlægget og desto dyrere. Hver biomasse bør således også vurderes ud fra en økonomisk vinkel: hvad koster anvendelsen?

Hvor stor en andel af en given ressource, der kan forventes udnyttet, og dermed hvilken endelig sammensætning af biomasse, der opnås, vil i væsentlig grad afhænge af håndteringsomkostninger og prisrelationer. Det vil f.eks. sige, hvor langt kan ressourcen transporteres i forhold til dens potentielle værdi, og hvor meget kan biogasanlægget betale for biomassen? Dette vil samtidig blive helt afgørende for hvor meget biogas, der vil kunne produceres.

De enkelte ressourcer kan naturligvis ikke forventes udnyttet fuldt ud. For hver ressource for sig er derfor gjort nogle mere eller mindre velbegrundede antagelser, som er nærmere omtalt, om udnyttelsesgraden. Det medfører derfor samtidig, at der er en vis 'buffer' i anvendelsen af de fleste ressourcer.

Andre ressourcer end de behandlede kunne evt. tænkes anvendt i det omfang, der kan skabes en positiv økonomi i det og en positiv miljøeffekt. Eksempler kunne være tang opsamlet fra strande og kartoffeltoppe (som alternativ til nedvisning?).

Det er væsentligt, at der ikke bruges for megen energi på at kvantificere og verificere den enkelte ressource 'på decimal'. I forhold til et biogasanlægs planlægnings-, etablerings- og driftshorisont vil forholdet mellem de enkelte ressourcer og deres tilgængelighed (pris) med sikkerhed ændre sig en del over tid. Et anlæg skal med andre ord planlægges robust i forhold til fremtidige ændringer i anvendelserne.

Som det vil fremgå, spiller energiafgrøder en vigtig rolle, hvis der skal produceres en tilstrækkelig stor mængde biogas. Traditionelt tænkes i den sammenhæng oftest på majs. Sidst i notatet er derfor medtaget et afsnit, der problematiserer anvendelsen af majs ud fra miljømæssige betragtninger, og peger på måske bedre alternativer: flerårige kvælstoffixerende afgrøder som kløvergræs og lucerne.

2. Husdyr og gødningsproduktion

I det følgende er mængden og biogaspotentiallet i husdyrgødning på Samsø beregnet på baggrund af husdyrbestand på øen i 2010 samt en række antagelser om mulige udnyttelsesgrader. I forhold til 1999 (Biomasseressourcer på Samsø, PlanEnergi 1999), er husdyrbestanden reduceret med ca. 20 %. Umiddelbart kunne man måske forvente, at denne tendens vil fortsætte i fremtiden. Men der har faktisk været planer om såvel en forøget svineproduktion som en forøget kreaturbestand inden for de senere år, uden at hverken det ene eller det andet hidtil er blevet realiseret. Planer om en udvidelse af kvægbestanden med ca. 1.000 DE er dog stadig aktuelle. Indtil videre er husdyr bestanden fra 2010 dog fastholdt i de videre beregninger.

Husdyrbestand og gødningsmængde

Bestanden af kreaturer og svin på Samsø 2010:

	Antal DE
Køer	1.254
Opdræt	303
Søer	1.169
Slagtesvin	1.142
Smågrise	303
I alt	4.171

Tabel 1. Antal kvæg og svin på Samsø i dyreenheder DE, 2010

Antages det, at al svinegødning er gylle, og at kreaturgødningen fordeler sig med 75 % gylle og resten dybstrøelse, kan gødningsproduktionen skønnes til:

Gødningstype	t/år	Tørstof %	VS/TS %	Organisk tørstof t/år
Kvæggylle	19.500	10,3	75	1.500
Dybstrøelse	7.400	30	75	1.600
Svinegylle	46.800	5,25	75	1.800
I alt	73.700			4.900

Tabel 2. Skønnet gødningsproduktion fra kvæg og svin på Samsø

Ud over kreaturer og svin findes der nogle mindre besætninger med fjerkræ og får. Ressource-mæssigt er gødningsmængderne fra disse dog ubetydelige og kan kun bidrage med et meget lille potentiale. Det skal bemærkes, at der er en vis usikkerhed på antallet af ammekøer på græs, og at dette også vil give en usikkerhed på den anvendelige gødningsmængde.

Af kortet på næste side fremgår, hvor på øen husdyrene og dermed gødningen findes. Det ses, at langt hovedparten af dyrene findes syd for Stavns fjord.

Potentiel udnyttelsesgrad og biogaspotentiale

Det er dyrt at transportere gylle og gødning. En omkostning på omkring 20 kr./tons gylle må påregnes, og for fast møg ca. 50 kr./tons. Det antages derfor, at kun gødning indenfor en radius af 10-15 km kan komme i betragtning. Af denne mængde antages 75 % udnyttet, idet der vil være et vist antal husdyrbrug, som af den ene eller anden grund ikke ønsker at være med (f.eks. økologiske brug, landmænd, der planlægger at sætte besætning ud, etc.). Med baggrund i kortet kan det skønnes, at ca. 95 % af svinene findes på den sydlige del af øen syd for Stavns Fjord. For kreaturerne drejer det sig om ca. 90 %. Det fremgår desuden, at koncentrationen af husdyr er størst syd for Tranebjerg, og det kan på den baggrund vurderes, at en placering af et biogasanlæg i dette område vil være hensigtsmæssig ud fra en betragtning om at minimere transportbehovet for husdyrgødning.

Følgende mængder husdyrgødning antages derfor realistisk at inddrage i et kommende biogasanlæg med beliggenhed på syd for Tranebjerg.

	t/år	Tørstof %	Biogaspotentiale x 1.000 m ³ pr år	
			CH ₄	Biogas
Kvæggylle	13.100	10,3	200	307
Dybstrøelse	5.000	30,0	225	346
Svinegylle	33.300	5,3	380	585
I alt	51.400	8,9	805	1.238

Tabel 3. Potentielle tilgængelige gødningsmængder for biogasproduktion samt skønnet gaspotentiale

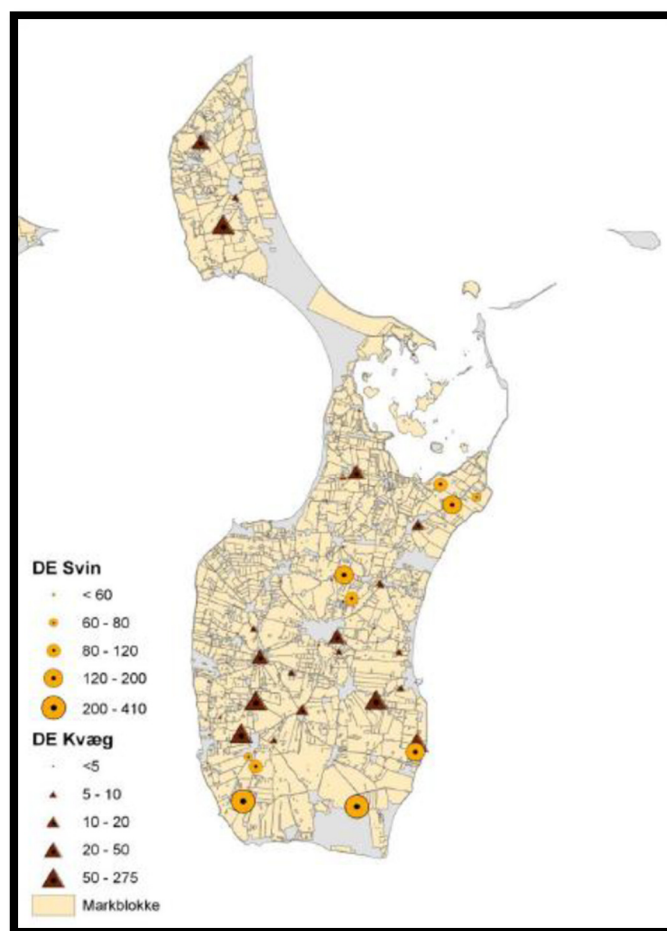
Mængden svarer til ca. 127 t gylle pr. dag = ca. 4 læs dagligt (ca. 7 pr. arbejdsdag) og ca. ½ læs dybstrøelse pr. dag (ca. 1 pr. arbejdsdag).

Bemærkninger

Gylle og fast gødning er særdeles velegnede til biogasproduktion, fordi anvendelsen er forbundet med en lang række miljøfordele i landbruget: reducerede lugtgener, reduceret mængde smittekim, færre ukrudtsfrø/mindre pesticidforbrug, forbedret udnyttelsesgrad af kvælstof og dermed mindsket udvaskning og tab, for at nævne de vigtigste. For tilknyttede landbrug kan værdien af sådanne forhold skønnes til 5 – 15 kr./tons gylle afhængigt af forholdene.

I sig selv er gylle ikke nogen specielt god biogasressource, fordi indholdet af organisk tørstof er relativt beskedent og gaspotentialet dermed ligeså (15 – 25 m³ biogas/tons afhængigt af tørstofindholdet og typen). Derimod indeholder gylle en lang række vigtige ingredienser og næringsstoffer,

som gør den (og gødning) særdeles anvendelig som basisbiomasse for en stabil proces, og hvori man derfor let kan opblande andre biomasser med et større potentiale.



Figur 1. Lokalisering af husdyrbrug på Samsø. Agro 2011

Anvendelse af fast gødning og dybstrøelse indebærer også en række fordele. For det første har materialet et relativt højt gaspotentiale, grundet et højt tørstofindhold, og for det andet opnås en stor miljøeffekt i agerbruget. Biomassen omdannes til 'gylle' med et kendt og dosérbart næringsstofindhold. Udnyttelsesgraden bliver derfor større og tabet i marken mindre end ved anvendelse af gødningen på fast form.

Ulemperne ved dybstrøelse er primært, at biomassen indeholder relativt store mængder sand og andre 'forureninger' såsom større fremmedlegemer og bindegarn m.m. Det stiller nogle særlige krav til udstyret på biogasanlægget, der af samme grund skal være ekstra robust.

Desuden 'omdannes' fast gødning som nævnt til flydende. Dvs. materialet skal tilkøres med f.eks. containerbil og fraføres med tankbil. Alt andet lige medfører det naturligvis en dyrere transport. Den samme problematik gælder i øvrigt også andre faste biomasser: energiafgrøder etc.

Mht. udnyttelsesgrad af ressourcen vil flere forhold spille ind. Transportomkostningen er allerede nævnt. Herudover kan husdyrbrugets størrelse spille en rolle. Gylle skal anvendes i så frisk tilstand som muligt for at give maksimalt gasudbytte. Dvs. der må helst ikke gå over 14 dage mellem hver

afhentning, og da afhentning typisk (på fastlandet i hvert fald) sker med 30 m³ tankbiler, stiller det altså krav om en minimumsproduktion på omkring 15 m³ pr. uge, svarende til en besætning på ca. 30 malkekøer med opdræt eller en slagtesvinproduktion på ca. 1.300 dyr/år.

Hvor stor en andel, man vil kunne komme op på, afhænger desuden af en række praktiske forhold, og i nogle tilfælde naturligvis også af hvor gode forhold, man vil kunne tilbyde leverandørerne. Hos alle leverandører skal der som minimum etableres suge- og aflæsningsstudse i henholdsvis for- og lagertank. Tilkørselsforholdene hertil skal selvsagt være i orden for de store køretøjer. Hertil kommer, at et fuldt læs skal kunne afhentes pr. gang. Dvs. at der evt. skal etableres ny fortank, eller forholdene skal i hvert fald være sådan, at pålæsning kan ske meget hurtigt (typisk 3-4 min. for både af- og pålæsning). I nogle tilfælde har det været biogasanlægget, der har afholdt sådanne omkostninger. I andre har landmanden selv gjort det.

Af betydning er også landmandens alder. Overvejer han at stoppe eller omlægge til ren planteavl? En problematik der er yderst relevant i et område som Samsø. Desuden spiller det en rolle om landmanden allerede har lovmæssig gylletankkapacitet eller han f.eks. i tilfældet levering af fast biomasse og modtagelse af flydende kan blive nødt til at etablere ny kapacitet.

Denne problematik skal også inddrages ved anvendelse af andre faste biomasser, og i budgettet bør det medregnes, hvor stor en ekstra kapacitet, der skal indregnes og investeres i.

Af nærværende notat fremgår det, at det skønnes realistisk at udnytte omkring 70 % af ressourcen. Dermed vil regeringen og Folketingets målsætning om 50 % udnyttelse være så rigeligt opfyldt. I forhold til Region Midt's målsætning om en udnyttelse på 75 %, vil det være lidt i underkanten.

Som alternativ til lastbiltransport kunne overvejes pumpning af delmængder. Analyser i forbindelse med etablering af Maabjerg biogas viste, at prisen for transport/pumpning pr. m³ gylle ikke var væsensforskellig. Hertil kommer, at gylle for at være pumpbar ikke må være alt for tyk. Man skal desuden overveje flere ting. Bliver husdyrproduktionen på lokaliteten? Og kan en 'død' investering i rør, der ikke har nogen scrapværdi og ikke kan bruges til andre formål, i det hele taget finansieres?

3. Landbrugsareal, planteavl og mulighed for produktion af efter- og energi-afgrøder samt vurdering af halmoverskud

Landbrugsareal og anvendelse

I alt er der ca. 8.250 ha landbrugsjord på Samsø, hvoraf langt hovedparten er i omdrift. Af nedenstående tabel fremgår hovedafgrøder og -arealer. I tabellen er kun medtaget afgrøder, der dyrkes på mere end 100 ha. Ud over de nævnte afgrøder findes der en lang række afgrøder, som dyrkes på mindre end 100 ha. I alt drejer det sig om ca. 1.200 ha eller ca. 15 % af det samlede landbrugsareal. Samsø er som bekendt en 'grønsags- og gartneri-ø', og en lang række grøntsager findes derfor i denne gruppe. En stor del afsættes til konserverfabrikken Trolleborg til produktion af grønsagskonserver m.m.

Det fremgår, at korn 'kun' udgør omkring 50 % af afgrøderne, og kun omkring 45 %, hvis alle arealer medtages. Det er en del mindre end landsgennemsnittet, som ligger omkring 60 %.

Afgrøde	ha	%
Havre	155	2,2
Triticale	187	2,7
Vinterbyg	391	5,6
Vinterhvede	1.979	28,2
Vårhvede	109	1,5
Vinterrug	180	2,6
Vårbyg	597	8,5
<i>Korn i alt</i>	<i>3.598</i>	<i>51,2</i>
Kløvergræs	267	3,8
Løg	162	2,3
Miljøgræs MVJ	501	7,1
Naturlignende	184	2,6
Permanent græs	257	3,7
Rødsvingelfrø	192	2,7
Silomajs	215	3,1
Solbær	299	4,3
Spisekartofler	734	10,4
Udyrket mark	118	1,7
Vinterraps	501	7,1
I alt	7.029	100,0

Tabel 4. Hovedafgrøder på Samsø 2010. Afgrødesammensætningen er næppe ændret væsentligt siden 2010

Potentiale fra efterafgrøder

Antages det, at 10 % af korn- og rapsarealet er udlagt med lovpligtige efterafgrøder, vil der skønsmæssigt være ca. 400 ha med efterafgrøder. Det vil være muligt at dyrke efterafgrøder med henblik på salg af biomassen til biogasproduktion. Mange afgrøder kan være interessante, græs, fodermarvkål, olieræddike etc. Flere af disse afgrøder kan under gunstige omstændigheder producere en ganske pæn mængde biomasse på helt op omkring 5 t tørstof pr. ha.

Antages det, at det vil være muligt at entrere med bønderne om målrettet inddragelse af 50 % af arealerne med efterafgrøder til produktion af biomasse til biogasproduktion kan potentialet skønnes til i alt ca. 700 t tørstof, hvis det antages, at der i gennemsnit kan produceres ca. 3,5 t tørstof pr. ha.

Landboforeningen har i 2010 opgjort potentialet af efterafgrøder (olieræddike/korsblomstrede/korn/græs) til ca. 7.000 tons pr. år og med et gennemsnitligt tørstofindhold på ca. 12 %. Denne ressource udnyttet ikke p.t. Opgørelsen giver et potentiale, der er ca. 20 % højere end mængderne i nedenstående tabel. I den fortsatte ressourceopgørelse anvendes dog et konservativt skøn.

	Antal ha	T tørstof pr. ha	Tons tørstof i alt	Biogaspotentiale x 1.000 pr. år	
				m ³ CH ₄	m ³ biogas
Efterafgrøder	200	3,5	700	180	345

Tabel 5. Skønnet potentiel mængde efterafgrøder som ensilage med 30 % ts og biogaspotentiale – ca. 50 % af total ressource

Metanindholdet i biogassen fra efterafgrøder kan skønnes til ca. 55 %. Miljømæssigt vil denne produktion være gunstig i forhold til kvælstofudvaskningen. Antages det, at høst, biogasproduktion, og udbringning af N-effektiv gødning vil kunne reducere N-tabet for den opsamlede kvælstofmængde med 50 %, kan det skønnes, at udvaskningen reduceres med omkring 4 tons om året pga. denne praksis.

Bemærkninger

Maksimal produktion og anvendelse af efterafgrøder kan have store positive miljøeffekter. Afgrøden kaldes også i andre sammenhænge 'catch-crop', fordi hovedformålet er at optage og gemme næringstoffer i biomassen, og således hindre/mindske det tab fra jorden, der ellers uafvendeligt ville forekomme, pga. fortsat mineralisering og nedbørsoverskud hen over det sene efterår og vinteren/tidligt forår.

'Desværre' er det ikke tilladt at gøde en sådan afgrøde, og dermed bliver produktionen ofte ikke så stor, at det kan betale sig at hente den. Mængden/værdien skal jo som minimum kunne betale for omkostningerne til høst og transport.

At efterafgrøder ikke må gødes er naturligvis normalt fornuftigt nok, al den stund det hele går ud på at reducere udvaskningen af især kvælstof. Men lige netop i en situation med et biogasanlæg,

der har brug for biomasse, kunne det være hensigtsmæssigt med tilladelse til at anvende en begrænset mængde. Men naturligvis på et niveau, der sikrer, at udvaskningen ikke øges, men også at biomasse-mængden kan blive så tilstrækkelig stor, at det kan betale sig at hente den. Det ville ikke være mange kg N/ha, der skulle til.

Det er klart, at denne ressource vil kunne variere betydeligt fra år til år betinget af flere forhold: Tidspunkt for etablering og nedbør og temperatur i august/september/oktober især. Specielt for Samsø er den store produktion af tidlige kartofler interessant. Her kan efterafgrøder etableres meget tidligt og give et stort udbytte.

Dyrkede energiafgrøder

Potentialet for dyrkede energiafgrøder er principielt kun begrænset af det samlede landbrugsareals størrelse, idet det der bestemmer hvor meget, der kan skaffes, næsten udelukkende er prisen. Er den høj nok, vil man kunne udkonkurrere en hvilken som helst anden afgrøde. For at få dyrkede energiafgrøder til en biogasproduktion skal prisen m.a.o. kunne bibringe landmanden et dækningsbidrag svarende mindst til den afgrøde, der fortrænges fra arealet. En lidt lavere pris kan måske i visse tilfælde accepteres, fordi en langtidskontrakt til en fast pris evt. kan være attraktiv for nogen.

I andre sammenhænge har man skønnet det potentielle areal til 15 % af kornarealet. For Samsø vil det i givet fald svare til ca. 615 ha. I atter andre har man beregnet potentialet ud fra antal dyreenheder tilknyttet biogasanlægget.

Det totale areal for tilknyttede brug kan skønnes ud fra antal DE x 1,4 DE/ha. Af dette areal er det skønnet, at det vil være muligt at inddrage 10 % til dyrkning af energiafgrøder under forudsætning af en/et fornuftig pris/dækningsbidrag. Her anvendes denne metode, idet, det antages, at 75 % af såvel kreaturer som svin tilknyttes anlægget.

	Antal DE tilknyttet biogasanlægget	Antal ha tilknyttet biogasanlægget	Antal ha anvendt til dyrkning af energiafgrøder
Svin	1960	2744	274
Kvæg	1170	1638	164
I alt	3130	4382	438

Tabel 6. Potentielt areal til produktion af energiafgrøder

Alle former for dyrkede afgrøder vil kunne anvendes til biogasproduktion. F.eks. græs, kløvergræs, majs, grønkorn etc. Hovedparten af afgrøderne vil blive ensilerede inden anvendelsen. Erfaringerne siger dog, at majs af flere grunde vil blive foretrukket, dels fordi det giver et højt udbytte og dermed en bedre økonomi end andre afgrøder, og dels fordi det er let at håndtere på anlægget.

Det antages derfor at energiafgrøder til biogasproduktion i hovedsagen udgøres af majs, og at der vil kunne avles 12 tons tørstof pr. ha. Det svarer til ca. 36 tons ensilage pr. ha med et tørstofindhold på 33 %. Nedenfor er biogaspotentialet fra dyrkning af energiafgrøder beregnet. Biogaspotentialet fra majs- eller ensilage er omkring 0,34 m³ metan pr. kg tørstof, eller 0,32 m³ pr. kg organisk tørstof.

	Antal ha	Produktion pr ha. tons tørstof	Biomasse i alt ensilage t pr. år	Biogaspotentiale x 1000 pr. år	
				m ³ CH ₄	m ³ biogas
Energiafgrøde	438	12	17.520	1.790	3.250

Tabel 7. Skønnet potentiale af energiafgrøder og biogaspotentiale heraf – 75 % af total ressource

Som nævnt, er mængden af anvendelig energiafgrøde helt afhængig af prisen. Er denne høj nok – højere end dækningsbidraget for en alternativ afgrøde – vil mængden kunne øges betydeligt ud over den beregnede, idet planteavlere i så fald også vil kunne inddrages i produktionen.



Figur 2. Ensileret energiafgrøde til biogasproduktion

Bemærkninger

Alle energiafgrøder dyrket til formålet vil kunne anvendes til biogasproduktion både i frisk og i ensileret tilstand. Dvs. stort set alle gængse afgrøder såsom korn, græs, kløvergræs og majs. Afgrøder, der typisk ensileres for at kunne lagres og anvendes som sådan. Også roer kan anvendes, men skal oftest anvendes på en anden måde eller evt. sam-ensileres med andre biomasser.

I forhold til biogasprocessen kan der være små forskelle dels i gaspotentialet, men især mht. hvordan biomassen skal håndteres. F.eks. er majsensilage let anvendelig, mens græsensilage kan være lidt mere genstridig.

Fra et miljømæssigt synspunkt er dyrkning af græs eller kløvergræs som energiafgrøde langt det bedste, idet der næsten ikke sker udvaskning fra sådanne arealer, så længe de ligger som græsmark (typisk 3 år i et sædskifte), i modsætning til f.eks. majs, hvorfra der ikke kan undgås udvaskning. I forhold til Samsø er traditionel græs og kløvergræs dyrket til foder måske ikke det mest op-

timale, fordi nedbørsmængden er betydeligt under landsgennemsnittet. Alternativt kunne overvejes andre afgrødeblandinger med mere tørkeresistente græssorter. Sådanne har dog en ringere fordøjelighed. Men det betyder mindre, når biomassen ikke skal bruges til foder, men i stedet til biogasproduktion. Et andet alternativ til kløver kunne være lucerne, der som kløver er en bælgplante med kapacitet til at fixere atmosfærisk kvælstof. Det kan være en fordel for at øge indholdet af kvælstof i den afgassede biomasse, og dermed dennes anvendelighed som gødning, og i forhold til at fortrænge handelsgødnings-N og dermed øge Samsø's selvforsyningsgrad med næringsstoffer.

I afsnit 9 vil der blive set lidt nærmere på nogle væsentlige aspekter vedrørende miljøeffekter, humus og CO₂-balance i forhold til diverse energiafgrøder.

Skal man have landbrug til at dyrke og levere energiafgrøder til et biogasanlæg skal dækningsbidraget fra afgrøden mindst være af samme størrelsesorden, som for den afgrøde, man fortrænger. Det vil i mange tilfælde være vinterhvede, der i den sammenhæng vil kunne sammenlignes med.

P.t. må en pris omkring 300 kr./tons som ensilage påregnes (ca. 1 kr./kg tørstof). Og stilles der ikke yderligere krav til produktionen, vil landmanden givetvis vælge majs, der på alle måder er let at dyrke, giver et højt udbytte og det bedste dækningsbidrag.

For planteavlere og svineproducenter især burde det være kærkomment at få mulighed for at inddrage en græs-/kløvergræsafgrøde i sædskiftet, fordi en sådan, pga. et meget stort rodnet, har en positiv indvirkning på jordens frugtbarhed, idet kulstof/humusindholdet øges. Hermed forøges også jordens ionbytnings- og vandbindingsevne samt mængden af levende organismer. Mere om dette i afsnit 9.

Prisen kan desuden være afhængig af hvilken aftale, der indgås. Der kan være tale om langtidskontrakter til fast pris. Det vil måske kunne give en lidt lavere pris. Og der vil kunne være tale om, at biogasanlægget forestår hele produktionen også på landmandens mark, eller at landmanden selv dyrker afgrøden og leverer den i frisk tilstand til ensilering på værket eller som ensilage, når den skal bruges.

Det fremgår af ovenstående, at energiafgrøder til biogasproduktion stort set kun er begrænset af den pris, man kan betale. Er den høj nok, vil man kunne købe al den biomasse man kan omsætte.

Potentiale fra enggræs og udyrkede arealer

Mange steder i landet findes forholdsvis store arealer, som ligger ubenyttede hen. Ofte er de lavtliggende, langs åer og bække og til tider vandlidende. Tidligere blev sådanne arealer typisk anvendt som græsningsarealer. Det sker i dag kun i beskedent omfang, hvilket naturmæssigt kan være et problem, da arealerne med tiden ofte vil springe i krat og sidenhen skov. Især pil og andre buske vil indvandre og dermed vil naturværdien og områdets 'herlighedsværdi' blive væsentligt forringet. Det åbne kulturlandskab vil forsvinde og artsdiversiteten af både dyr og planter vil blive reduceret.

Flere steder i landet er der derfor p.t. bestræbelser i gang for at erstatte dyrene med høst af biomasserne og anvendelse af biomassen til energiproduktion i biogasanlæg. I visse tilfælde findes allerede specielle støtteordninger, der i forvejen kræver, at arealerne slås.

Biomassen er naturligvis noget vanskeligere nedbrydelig end afgrøder specielt dyrket til formålet, bl.a. fordi høsttidspunktet skal ligge sent for at tage fornødne naturhensyn og minimere høstomkostningerne. Forsøg viser dog, at der til tider kan opnås ganske imponerende udbytter på helt op til 10 tons tørstof pr. ha, og at biomassen faktisk også indeholder pæne biogasudbytter, om end en lidt længere udrådningstid end normalt må påregnes. En yderligere positiv effekt af en sådan praksis er, at næringsstoffer kan fjernes fra naturområderne og via biogasanlægget som mellemlid føres tilbage på landbrugsjord. Herved mindskes tabet til vandløbene, og der spares handelsgødning. Eneste 'aber' er, at høst og transport kan være besværlig og vanskelig pga. blød bund, og at omkostningen er forholdsvis stor.

På Samsø findes også en række arealer, som måske kan komme ind under denne kategori.

Arealtype	Antal ha
Miljøgræs MVJ	501
Naturlignende areal	184
Permanent græs/kløver	53
Permanent græs	257
Udyrket mark	118
Vildtager	51
I alt	1.164

Tabel 8. Enge og naturlignende arealer på Samsø

Botanisk kan sådanne arealer karakteriseres efter karakterarter: f.eks. rørgræs, mose-bunke, lys-siv, mælkebøtTEGRÆS o. lign. Udbyttet kan variere betydeligt, men vil oftest være forholdsvis beskeden, da arealerne naturligvis ikke må/bør gødskes, fordi et af formålene med udnyttelsen som nævnt er fjernelse af næringsstoffer. Dog kan det måske accepteres, at der gødskes med f.eks. kalium for at undgå kaliummangel og med den hensigt at øge udbyttet og dermed fjernelsen af kvælstof og fosfor.

Det kan naturligvis være vanskeligt, at skønne, hvor store arealer der vil kunne have gavn af at blive inddraget i en sådan udnyttelse på Samsø, og ikke mindst i hvilket omfang det praktisk vil kunne lade sig gøre at inddrage disse. Bl.a. bliver nogle givetvis i dag allerede afgræsset. I andre del af landet og i andre undersøgelser er dog regnet med en udnyttelsesgrad på 50 %. I denne sammenhæng vil vi begrænse os til 25 % og regne med et gennemsnitligt udbytte på 3,5 tons tørstof pr. ha.

	Potentielt areal ha	Tørstofpotentiale tons/år	Biogaspotentiale x 1.000 pr. år	
			m ³ CH ₄	m ³ biogas
Enggræs	290	1.000	250	455

Tabel 9. Potentielt engareal og produktion af tørstof og biogas - 25 % af potentielt areal medtaget

Også i denne sammenhæng drejer en eventuel udnyttelse sig om forholdet mellem omkostning og pris, og der er næppe tvivl om, at en større udnyttelse vil kræve ekstraordinære tiltag, f.eks. i form af tilskud, idet biogasanlægget næppe vil kunne betale ret meget mere, end hvad der svarer til høstomkostningerne. Men ekstraordinære støtteordninger - ud over de, der allerede findes, f.eks. MVJ-ordning - kan dog næppe påregnes.



Figur 3. Enggæs (hø) til biogasproduktion

Bemærkninger

I dagens Danmark afgræsses enge og andre landbrugsmæssigt sekundære arealer ikke i nært det omfang, det er sket tidligere. Det betyder, at mange arealer uden pleje relativt hurtigt vokser til i først store urter, og senere pil og krat og evt. endeligt skov. Herved mistes det artsrige, lysåbne landskab. Det sker typisk f.eks. i lavbundsområder omkring vandløb.

Høst og anvendelse af enggræs til biogasproduktion kan derfor ud over at skaffe biomasse til anlægget have store positive, miljømæssige effekter, fordi der ofte er tale om naturpleje. Hertil kommer, at næringsstoffer fjernes fra arealerne, og tilføres robuste, opdyrkede arealer, hvorved udvaskningen fra engen med tiden vil blive reduceret.

Som for efterafgrøder er denne ressource ikke helt stabil. Nogle år vil det ikke være muligt at høste biomassen pga. oversvømmelser på lavbundsarealerne. Det er i hvert fald tilfældet på fastlandet omkring de store vandløb. Andre gange vil den potentielle mængde ikke være stor nok til at dække omkostningerne til høsten.

Det skal desuden bemærkes, at høstes biomassen som hø sent på sæsonen, som det praktiseres i Nørreå-dalen til Foulum biogasanlæg, fordi det her er det billigste og mest fremkommelige, vil den ikke uden specielt forbehandlingsudstyr (extruder eller kædekuser), have samme værdi som energiafgrøder eller efterafgrøder. Bl.a. fordi den er mindre let håndterlig, sværere nedbrydelig og dermed giver et mindre gasudbytte. Biogasanlægget vil derfor ikke kunne give lige så høj en pris som for energiafgrøder. Et prisniveau omkring 50 øre/kg tørstof må forventes, og det vil i mange tilfælde kun lige være nok til at dække omkostningerne til høst og transport.

Der er dog næppe tvivl om naturplejen og fjernelsen af næringsstoffer – mindsket kvælstofudvaskning – har en langt højere værdi, der sagtens kunne retfærdiggøre et særligt tilskud til produktion af denne type biomasse. Der er næppe andre metoder til kvælstoffjernelse fra vandmiljøet (opfyldelse af Vandrammedirektivets krav), der prismæssigt vil kunne konkurrere med denne.

Halmoverskud

Af tabel 10 fremgår det beregnede halmoverskud i et normalår. Der er i beregningen anvendt data fra Biomasseressourcer på Samsø, 1999, vedr. foder- og strøelsesforbrug i forhold til antallet af husdyr på øen. Desuden er forbrug til kuler og nedmuldning fastholdt uændret i forhold til 1999, og således behæftet med nogen usikkerhed. Forbrug til varmeproduktion er beregnet efter Samsø Energiregnskab 2011 (2013).

Samlet kan det således opgøres, at halmoverskuddet i et normalår ligger på knap 1.000 tons.

I en sådan opgørelse af halmoverskuddet skal man være opmærksom på, at udbyttet kan variere ± 30 fra udbyttet i et normalår, dvs. at der over en ti-årig periode vil indtræffe ét år med et udbytte på -30 % og ét år med + 30 % i forhold til normaludbyttet.

I år med underskud er det klart, at forbrug til andre formål, kuler, foder/strøelse og nedmuldning, vil blive reduceret, idet forbruget til varme ikke kan neddroges, og der kan i enkeltår evt. blive behov for en mindre import fra fastlandet. I år med større overskud må man forvente, at nedmuldningen øges tilsvarende.

Overskuddet vil kunne anvendes til biogasproduktion på linje med f.eks. enggræs og andre faste biomasser. Tages der udgangspunkt i den beregnede gennemsnitlige årsmængde, vil der af den kunne produceres omkring 150.000 m³ biogas årligt, se tabel 11.

Det er umiddelbart ikke ret meget. Men det fremgår samtidig af tabel 10, at der pt. nedmuldes en temmelig stor mængde halm på Samsø – mere end 5.000 tons årligt. Det er klart, at en stor del af denne halmmængde vil kunne anvendes, hvis man er i stand til at betale landmanden en tilfredsstillende pris samtidig med, at man arrangerer det således, at han i stedet modtager afgasset gylle til gødsning af markerne.

I dimensioneringen og prissætningen af biogasanlægget er indregnet anvendelse af næsten hele overskuddet. Umiddelbart vil en større mængde ikke kunne anvendes, se Biogasanlæg på Samsø Dimensionering og prissætning af biogasanlæg, fordi anlægget er temmelig hårdt belastet tørstofmæssigt. Men det er klart at halm i et eller andet omfang i højere grad kan anvendes i stedet for andre faste biomasser, hvis disse viser sig vanskelige at skaffe. Det gælder f.eks. i særdeleshed enggræs/hø.

Afgrøde	ha	Halmudbytte ¹⁾ t/ha	Halmudbytte t/år	Halmforbrug t/år
Havre	155	3,0	465	
Triticale	187	4,5	842	
Vinterbyg	391	4,0	1.564	
Vinterhvede	1.979	5,0	9.895	
Vårhvede	109	3,0	327	
Vinterrug	180	4,5	810	
Vårbyg	597	3,2	1.910	
Rød svingel	192	2,6	499	
Vinterraps	501	2,6	1.306	
Halmproduktion i alt			17.618	
Foder/strøelse 2)				4.417
Dækning af kuler 3)				617
Nedmuldning 3)				5.715
Private halmfyr 4)				414
Varmeværker 4)				5.586
Halmforbrug i alt				16.749
Halmoverskud, i alt			869	

Tabel 10. Halmafgrøder på Samsø 2010. Afgrødesammensætningen er næppe ændret væsentligt siden 2010, og i hvert fald ikke afgørende ift. halmoverskuddet. ¹⁾ Halmudbytter på Samsø. Samsø Landboforening 1999. Biomasseressourcer på Samsø, PlanEnergi 1999. ²⁾ Beregnet i forhold til husdyrbestand. ³⁾ Data fra 1999 - ingen baggrund for justering. ⁴⁾ Beregnet fra Samsø Energiregnskab 2011, PlanEnergi, Region Midt 2013 – 100 % af ressource.

	Potentielt areal ha	Tørstofpotentiale tons/år	Biogaspotentiale x 1.000 m ³ pr. år	
			m ³ CH ₄	m ³ biogas
Halm	(85)	370	90	135

Tabel 11. Potentiel mængde overskudshalm og biogaspotentiale – 50 % af ressource

Bemærkninger

Halm er på flere måder en udmærket biomasse til opblanding med andre mere kvælstofholdige, fordi processen stabiliseres. Desuden er det potentielle gasudbytte relativt højt pr. kg og biomassen kan anvendes til at presse den organiske belastning op på et givet anlæg og dermed forbedre anlæggets effektivitet.

Men halm er samtidig en ikke helt let biomasse at håndtere. Uden anden forbehandling end snitning skal en tør, frisk halm anvendes med varsomhed, fordi den vil øge den samlede biomasses

gennemsnitlige viskositet, have stærk tendens til svømmelagsdannelse og dermed øge omkostninger til pumpning, omrøring og generel slitage.

For at mindske sådanne problemer kan halmen forbehandles som enggræs med ekstruder, kædeknuser eller briketteres. Det er dog tvivlsomt om ressourcen på Samsø er stor og stabil nok til at finansiere en selvstændig forbehandlingsenhed, selvom et højere gasudbytte på måske op til 25 % kan påregnes ved normale procesparametre (opholdstid og temperatur).

Endelig må påregnes en pris omkring 0,6 kr./kg, svarende til en ren råvarepris på ca. 1,9 kr./m³ biogas eller 2,9 kr. m³ metan.

Gammel, våd halm er lettere håndterbar og kan bedre anvendes blot efter snitning.

Det fremgår af tabellen at den nedmuldede mængde er relativt stor, mere end seks gange så stor som den beregnede overskudsmængde. I stedet for nedmuldning kunne det overvejes at lade mængden køre en tur igennem biogasanlægget først. Der fjernes ikke næringsstoffer ved processen kun organisk tørstof. Men ca. halvdelen af det organiske tørstof, nemlig det svært nedbrydelige og vigtige for humusopbygningen i jorden, kører dog uantastet igennem anlægget og vil stadig have en stor forbedrende effekt på jordstrukturen ved efterfølgende anvendelse som gødning. Anvendes hele denne mængde på denne måde udgør den nedmuldede halmmængde i stedet en potentiel biogasmængde på ca. 1,7 mio. m³ biogas eller 1,1 mio. m³ metan pr. år.

4. Grønsags-konservesfabrikken Trolleborg

Konservesfabrikken har flere typer affald, der evt. kan komme på tale til biogasproduktion. Mængderne blev opgjort i 2010 og er opdateret i denne sammenhæng.

Grønsagsaffald

I perioden august til marts produceres ca. 8 m³ grøntaffald pr. dag. Affaldet køres i dag på landbrugsjord og anvendes som gødning. Håndteringen koster fabrikken omkring 100.000 kr./år eller 600 kr./læs.

I alt drejer det sig om ca. 1.400 t affald om året. Materialet har et skønnet tørstofindhold på ca. 20 %. En del er stærkt basisk, idet det er behandlet med lud.

Biogaspotentiallet af affaldet kan skønnes til omkring 300 l CH₄/kg VS. Dvs. at biomassen i alt vil indeholde omkring 75.000 m³ metan eller ca. 135.000 m³ biogas med et metanindhold på ca. 55 %.

Spildevand

Herudover producerer Trolleborg ca. 35.000 m³ spildevand pr. år, svarende til ca. 95 m³ pr. dag i gennemsnit. Der er ca. en måneds pause, hvor fabrikken ligger stille, og der ikke produceres spildevand. Fabrikken råder over en overdækket lagune til midlertidig opbevaring inden vandet anvendes til markvanding.

Spildevandet har et COD indhold på omkring 15.000 mg/l. Dvs. vandet vil indeholde et biogaspotential på omkring 5 m³ metan/m³ eller ca. 10 m³ biogas/m³. I alt et potential på omkring 150.000 m³ metan pr år eller ca. 300.000 m³ biogas pr. år. Blandes materialet vil metanudbyttet ligge omkring ca. 7 m³/m³, hvilket er på niveau med dårlig/tynd svinegylle.

Skal spildevandet anvendes til fortynding i biogasanlægget vil det udgøre et mindre logistisk problem, at produktionen er standset i ca. en måned. Der forekommer at være to løsninger på dette: enten etableres der separation og recirkulering af væske på anlægget, eller lagunen kan anvendes som buffer i denne periode.

Alternativt til anvendelse af spildevandet, kan man evt. nøjes med at anvende slammet fra spildevandsslambassinet.

Miljømæssigt er det klart, at det vil være en stor fordel at køre både spildevand og affald gennem et biogasanlæg. Herved vil man kunne undgå en ikke helt uvæsentlig metanemission fra slambassinet, samtidig med, at næringsstofferne i affaldet tilbageføres effektivt til landbruget. Udnyttelse vil dog givetvis kræve, at biogasanlægget placeres ikke alt for langt fra Trolleborg for at begrænse transportomkostningerne. Udnyttelse af spildevandet vil også kræve etablering af en lidt større reaktorkapacitet på anlægget.

	Mængde tons pr. år	Biogaspotentiale x 1.000 m ³ pr. år	
		m ³ CH ₄	m ³ biogas
Grøntsagsaffald	1.400	75	140
Spildevand	30.000	175	320

Tabel 12. Samlet affaldsmængde og biogaspotentiale fra Trolleborg

Bemærkninger

Som det vil fremgå nedenfor er der flere gode grunde til at forsøge at lave en biogasløsning, hvor Trolleborgs affald udnyttes. Dels opnås nogle umiddelbare miljømæssige fordele, og dels udnyttes ressourcerne hensigtsmæssigt. Spildevandet afgasses inden udspredning. Dvs. et metantab under lagring undgås. Hertil kommer, at spildevandet er velegnet til at fortynde de øvrige biomasser med, hvoraf mange er med højt tørstofindhold. Spildevandsmængden er dog så stor, at placering af biogasanlægget bør overvejes nøje. Det samme gør evt. muligheder for etablering af pumpeledning.

Det bør i sådanne overvejelser indgå øvrige muligheder for samarbejde mellem biogasanlægget og fabrikken, det kunne f.eks. være mht. varmforsyning.

5. Gartneriaffald

Mængder

I 2010 blev mængderne af organisk affald fra gartnerier og grønsagsproduktionen opgjort. Mængden vurderes ikke at være ændret væsentligt siden da og udgør mindre end 10 % af det samlede biogaspotentiale. Mængden er derfor ikke revideret i denne sammenhæng.

Affaldet nedpløjes i dag på landbrugsjord (løg og kål), og håndteringen indebærer visse gener, bl.a. lugt, og er næppe heller den mest hensigtsmæssige ud fra et miljømæssigt synspunkt. Overskuddet af kartofler opfodres til svin.

På baggrund af de skønnede mængder kan biogaspotentialet fra denne organiske fraktion beregnes.

	Tons/år	Tørstof %	Tons tørstof pr. år i alt	Biogaspotentiale x 1.000	
				m ³ CH ₄	m ³ biogas
Løgaffald	918	11	100	25	45
Kartofler	1.636	25	400	130	235
Kål	690	12	80	25	45
I alt	3.244		580	180	325

Tabel 13. Skønnet potentiel mængde grønsags-affald og biogaspotentiale.

Bemærkninger

Normalt vil der kunne påregnes et mindre aflæsningsgebyr for de fleste typer organisk affald afleveret på et biogasanlæg. I dette tilfælde er der dog tale om affaldstyper, der i dag nedpløjes på landbrugsjord, og pålægges de et gebyr, vil de næppe tilflyde biogasanlægget. Hvad angår kartoflerne vil der heller ikke for disse kunne påregnes et gebyr, måske tværtimod, idet biogasbehandling skal konkurrere med opfodring, for hvilken der må antages betalt et mindre beløb?

Ovennævnte ressourcer andrager kun en ubetydelig mængde og indregnes derfor fuldt ud i den totale ressourceopgørelse. Men uden behandlingsgebyr.

6. Organisk husholdningsaffald

Mængde

Samsø Kommune har i 2010 opgjort mængden af organisk husholdningsaffald, som det fremgår i nedenstående skema. Mængden er beskeden, og det er vurderet, at den ikke er ændret væsentligt siden. Der er derfor ikke fundet anledning til at ændre/opdatere opgørelse, også fordi mængden ingen rolle spiller som biomasseressource i forhold til mulighederne for at realisere et biogasanlæg på Samsø.

Der er ikke kendskab til den konkrete sammensætning af husholdningsaffaldet. I stedet anvendes erfaringstal fra tidligere afrapporterede sorteringsundersøgelser ved fordeling af den årligt indsamlede mængde dagrenovation på de anførte affaldsfraktioner.

Herudover kan det bemærkes, at dagrenovationslignende erhvervsaffald ikke i dag indsamles særskilt, men sammen med dagrenovation. Der er derfor foretaget en skønnet fordeling af den registrerede dagrenovationsmængde i forholdet 1:19, hvor erhvervsaffaldet udgør den mindste del.

Der indsamles årligt i alt ca. 1.850 tons dagrenovation på Samsø. Det skønnes, at den potentielle organiske del, der kan være relevant for et biogasanlæg, udgør ca. 55 %. Heri er ikke indregnet et fradrag hidrørende for husstandenes manglende engagement for deltagelse i en kildesorteringsordning eller deres grundighed mht. udsortering af de relevante fraktioner.

Det er ikke muligt at skønne indholdet af gødningsstoffer (N, P, K) i de anførte fraktioner, men tørstofindholdet skønnes at udgøre 30 – 50 % afhængigt af årstid og tidsrummet mellem to tømninger (een uge eller 14 dage). I sidstnævnte tilfælde vil fordampningen være større, specielt hvis der benyttes papirsække til det organiske affald.

Under forudsætning af, at det organiske affald indsamles samtidigt med restmængden af dagrenovationen og at enhedsomkostningen pr. tømning kan fastholdes på samme niveau som under normale forhold dvs., at der ikke indregnes forøgede indsamlingsomkostninger som følge af en ændret indsamlingspraksis (anvendelse af en to-kammer indsamlingsvogn eller anden foranstaltning), vil enhedsomkostningen pr. ton være ca. 125 kr. Dette er beregnet på baggrund af 2010-beløb.

En eventuel udnyttelse af den organiske ressource kan man forestille sig ske på 2 måder, der vil tilvejebringe forskellige mængder anvendeligt affald og besidde forskellige fordele og ulemper. Ved en anvendelse til biogasproduktion vil anlægget skulle indrettes specielt i forhold til håndtering af netop denne affaldstype. Det drejer sig om, at affaldet skal hygiejniseres ved 70 °C i en time inden udrådning. Dette kan dog forholdsvis enkelt ske i en batch-hygiejniseringsstank etableret til formålet. Materialet vil derudover medføre skærpede krav til lugtrensning på anlægget.

Affaldsfraktion	Husholdninger inkl. sommerhuse		Erhvervsvirksomheder	
	t/år	Bemærkninger	t/år	Bemærkninger
Animalsk affald og tilberedte fødevarer	395	Kan kun afhændes som dagrenovation. Sendes til forbrænding i Århus	30	Kan kun afhændes som dagrenovation. Sendes til forbrænding i Århus
Vegetabilsk affald	125	I henhold til affaldsplanen er der givet grundejerne mulighed for at erhverve en hjemmekompostbeholder, der kan anvendes til kompostering af rå frugt- og grøntsagsrester, blomsteraffald, tebreve, kaffegrums og andre ej-tilberedte vegetabiliske produkter	7	Hvis de nævnte produkter ikke hjemmekomposteres, afhændes det normalt som dagrenovation. Sendes til forbrænding i Århus
Vådt papir og pap	190	Kan kun afhændes som dagrenovation. Sendes til forbrænding i Århus	10	Kan kun afhændes som dagrenovation. Sendes til forbrænding i Århus
Andet organisk affald	140	Aftørringspapir, tissues, haveaffald mv.	10	Haveaffald afhændes normalt på Affaldscenter Harpesdal. Øvrige produkter afhændes normalt som dagrenovation. Sendes til forbrænding i Århus.
I alt	850		57	

Tabel 14. Organisk husholdningsaffald relevant for biogasproduktion

Model 1: Kildesortering og direkte anvendelse til biogasproduktion

På Gotland, der i anden sammenhæng er Samsø's samarbejdspartner, er indført et system med kildesortering og direkte anvendelse af det organiske husholdningsaffald til biogasproduktion og hygiejnisering i processen. Systemet fungerer tilsyneladende tilfredsstillende. Det kunne være en mulighed at tage udgangspunkt i dette system ved opbygning af et lignende på Samsø.

Fordelen ved kildesortering og direkte anvendelse er flere. For det første vil en maksimal mængde af den organiske fraktion blive udnyttet. For det andet vil der ikke være lugtgener i forbindelse med forbehandling/eftersortering o. lign. Endelig vil der ikke være omkostninger til f.eks. forbeholdningsudstyr, idet biomassen hygiejniseres i processen, der i givet fald da skal fungere ved min. 52 ° C og med en garanteret holdetid på mindst 4 timer. Dvs. ind- og udpumpning kan kun ske hver fjerde time.

Af en evt. besparelse på affaldshåndteringen vil en del kunne anvendes til at optimere systemet både i forhold til oplysning og udstyr til sortering i hjemmet. Største ulempe ved systemet er, at

det ikke vil kunne undgås, at fejlsorteringer tilføres biogasanlægget, der altså skal indrettes, så det kan klare sådanne.

Som nævnt ovenfor er det i dag tilladt og der opfordres til, at hjemmekompostere vegetabilsk affald på Samsø. Men mængden vil allerede være fratrasket i ovenstående total. Biogaspotentialet ved Model 1 kan derfor skønnes til nedenstående, hvis en effektivitet på 75 % antages.

	t/år ¹⁾	tørstof %	Tons tørstof Pr. år	Biogaspotentiale x 1.000	
				m ³ CH ₄	m ³ biogas
Organisk affald	680	30	205	70	110

Tabel 15. Skønnet potentiel mængde organisk husholdningsaffald og biogaspotentiale ved kildesortering og direkte anvendelse. ¹⁾ Det antages at være muligt at indsamle og udnytte ca. 75 % af potentialet.

Model 2: Kildesortering, transport til Harpesdal og sortering v.hj.a. De-Waster eller KonTek-teknologi

Også ved denne metode satses på kildesortering. Metoden er dog ikke så sårbar over for fejlsorteringer som model 1, idet der efterfølgende sker en eftersortering/pulpproduktion v.hj.a. en De-Waster, der presser affaldet gennem en sold.

Den organiske fraktion løber fra som en organisk grød, der opsamles og anvendes til biogasproduktion. Den faste fraktion, incl. indsamlingsposer og fejlsorteringer, opsamles ligeledes og sendes til forbrænding.

	t/år ¹⁾	tørstof %	Tons tørstof Pr. år	Biogaspotentiale x 1.000	
				m ³ CH ₄	m ³ biogas
Organisk affald De-Waster	455	30	135	45	70

Tabel 16. Skønnet potentiel mængde organisk husholdningsaffald og biogaspotentiale ved kildesortering og efterfølgende separation med De-Waster. ¹⁾ Det antages at være muligt at indsamle ca. 75 % af potentialet. Heraf kan ca. 2/3 dele udnyttes, mens den sidste tredjedel fortsat vil skulle til forbrænding.

Fordelen ved denne metode er, at den er mindre sårbar over for urenheder i materialet. Ulemper er en større investering, risiko for lugtgener (sortering/presning kan evt. ske på Harpesdal), samt at en forholdsvis stor andel af organiske materialer går i den brændbare fraktion.

Som alternativ til De-Wasteren kan evt. anvendes KomTek-teknologi som ligeledes frembringer en biogaspulp af materialet samt en rest til forbrænding.

Økonomiske forhold

I de to scenarier frasorteres således henholdsvis ca. 35 og 25 % af den samlede mængde dagrenovation på Samsø til biogasproduktion. Den økonomiske besparelse (mindre udgift til transport og færge, mindre omkostning til forbrænding) skønnes at være omkring 900 kr./tons. Den samlede årlige besparelse vil således kunne udgøre mellem 600.000 (model 1) og 400.000 kr. pr. år (model 2).

Disse midler vil kunne anvendes til:

- 1) - oplysning og evt. støtte til sorteringsudstyr
- 2) - nedsættelse af affaldsafgift
- 3) - aflæsningsgebyr på biogasanlægget
 - a. Skal i model 1 anvendes til øgede omkostninger på anlægget til forbehandling og lugtrensning
 - b. Skal i model 2 anvendes til ovenstående samt afskrivning, drift og vedligehold af nødvendigt ekstraudstyr

Bemærkninger

Som det fremgår udgør husholdningsaffaldet ikke nogen væsentlig ressource, og det vil være forbundet med øgede vanskeligheder at udnytte ressourcen. Det være sig såvel logistiske (indsamling) som håndteringsmæssige.

Af den grund skal anvendelsen nøje overvejes. Men der bør i den sammenhæng, ud over økonomiske forhold, indgå imagemæssige for Samsø i forhold til visionen om at blive affaldsfri ø.

Der knytter sig dog en særlig problematik til anvendelsen nemlig den, at Arla-Gården ikke accepterer anvendelse af biogasgylle indeholdende 'slam' eller husholdningsaffald på arealer anvendt til foderproduktion til mælkeleverandørernes kreaturer. Der er ikke nogen miljømæssig begrundelse for dette, udelukkende en frygt for 'irrationelle' forbrugerreaktioner. Også Danish Crown har/overvejer så vidt vides en lignende politik. Det stiller krav om, at affaldet skal anvendes i en særskilt linje på biogasanlægget og efterfølgende kunne dokumenteres leveret til landbrug, som ikke derved kunne komme i klemme, f.eks. planteavlere. Noget sådant kunne forholdsvis enkelt etableres med en mindre overdækket tank udelukkende til afgang af denne biomasse.



Figur 4. Filskov biogasanlæg med fortanke, reaktortanke og aflæssehal

7. Samlet biogaspotentiale på Samsø

Samlet mængde og biogaspotentiale

Nedenstående tabel er en opsummering af opgørelserne af de forskellige biomasser på de foregående sider og dermed den potentielle biogasproduktion.

I opgørelsen er også medtaget spildevand fra Trolleborg, idet meget tyder på, at denne ressource, ud over at indeholde lidt gas, også kan anvendes til fortynding af de øvrige til passende hydraulisk håndterbar tørstofprocent omkring ca. 12 % max. En sådan anvendelse vil dog givetvis kun være interessant, hvis en fortynding er påkrævet, hvilket sikkert kun vil gælde, hvis alle ressourcer anvendes i de skønnede forhold. Dette vil næppe være til at forudsige og fastlægge på forhånd, da det for de fleste biomassers vedkommende vil være et spørgsmål om pris. Er prisen høj nok og konkurrencedygtig i forhold til andre, vil man givetvis næsten kunne modtage en vilkårlig stor mængde. Det gælder således f.eks. energiafgrøder. Er prisen for landmanden bare lidt højere end en alternativ afgrøde, vil man ofte næsten kunne købe så stor en mængde man har lyst til, og omvendt, hvis prisen er for lav.

Biomasse	Total ressource tons pr. år	Skønnet realistisk udnyttelse tons pr. år	Biogaspotentiale x 1.000 pr. år	
			m ³ CH ₄	m ³ biogas 57 % CH ₄
Husdyrgødning	73.700	51.400 ²⁾	805	1.238
Efterafgrøder ¹⁾	4.700	2.350 ³⁾	180	345
Energiafgrøder ¹⁾	20.800 ⁵⁾	17.520 ⁴⁾	1.790	3.250
Enggræs ¹⁾	13.600	3.400 ⁶⁾	250	455
Overskudshalm	870	435	90	135
Nedmuldet halm	5.500	2.750 ⁷⁾	580	850
Grøntaffald Trolleborg	1.400	1.400	75	140
Spildevand Trolleborg	35.000	35.000	175	320
Gartneriaffald	3.245	3.245	180	325
Org. husholdningsaffald	850	680	70	110
I alt	~ 155.500	~ 113.000	~ 4.000	~ 7.200 (~6,300 65%)
Gennemsnitligt tørstofindhold uden Trolleborg spildevand = ca. 17 %				
Gennemsnitligt tørstofindhold med Trolleborg spildevand = ca. 13 %				

Tabel 17. Samlet biomassepotentiale, skønnet realistisk anvendt potentiale samt biogaspotentiale heraf. For begrundelse af anvendelsesgrad se de enkelte ressourcer. ¹⁾ Som ensilage med 30 % tørstof. ²⁾ 75 % af husdyrene tilknyttet. ³⁾ 10 % af korn- og rapsareal udlagt med efterafgrøder = 400 ha. 50 % af arealerne inddrages og anvendes til produktionen. ⁴⁾ Ca. 10 % af tilsluttede husdyrproducenters dyrkede areal, idet man flere steder, som betingelse for tilslutning/levering af gødning, samtidig forpligtiger sig til at levere energiafgrøder til en konkurrencedygtig pris. Det opnåelige areal er helt afhængigt af prisen på afgrøden. ⁵⁾ 15 % af kornarealet anvendes til produktionen.

Denne størrelse har været anvendt i andre sammenhænge. ⁶⁾25 % af enge og naturlignende arealer på Samsø. ⁷⁾50 % af den nedmuldede mængde halm.

Mht. f.eks. enggræs skal prisen naturligvis mindst kunne dække produktionsomkostningerne plus et større eller mindre dækningsbidrag. Ellers vil ingen høste og hente den, ligegyldigt hvor stor ressourcen er, og hvor god miljøeffekten i øvrigt vil være. Det bemærkes, at også nedmuldet halm er medtaget for halvdelen vedkommende, fordi det antages at flere bønder vil være interesserede i stedet at anvende afgasset gylle, som har en bedre gødningseffekt. I den sammenhæng må dog evt. indregnes en pris på halmen.

Alt tyder således på, at et biogasanlæg på Samsø, for at opfylde så mange funktioner som muligt, bør være meget fleksibelt i forhold til anvendelse af forskellige flydende og faste biomasser i varierende mængdeforhold.

Mængden af faste biomasser er stor. Dvs. anlægget skal evt. også være forberedt på separation af afgasset biomasse og recirkulering af en større eller mindre del af væskefraktionen.

Anvendes alle biomasser i ovenstående forhold fås et gennemsnitligt udbytte på ca. 64 m³ biogas pr. tons. I andre sammenhænge anses et udbytte omkring 45-50 m³ for passende for at opnå en fornuftig selskabsøkonomi.

Den gennemsnitlige dagligt behandlede biomasse mængde andrager ca. 310 t/dag. Dette vil svare til et mellemstort biogasanlæg i dagens Danmark.

Det fremgår af tabellen, at det gennemsnitlige tørstofindhold af biomasserne er ca. 17 %, hvis Trolleborgs spildevand ikke medregnes, men 13 % hvis det medregnes. Dette taler for, alene af hydrauliske grunde, at spildevandet medtages, og at anlægget således placeres i nærheden af Trolleborg, så dette kan lade sig gøre uden alt for store transportomkostninger. Selv i denne situation kan der evt. blive tale om i mindre omfang at separere afgasset biomasse og recirkulere væske i begrænset omfang.

Medtages Trolleborgs spildevand ikke, skal der givetvis både separeres og recirkuleres, men måske også tilsættes vand i en ikke nærmere vurderet mængde til fortynding. Renset spildevand kan evt. anvendes, men i givet fald skal landbruget, Arla og Danish Crown tages i ed forinden af hensyn til miljøkodeks', som et stykke hen ad vejen er bestemt af mulige forbrugerreaktioner.

For denne ekstra vandmængde findes der, som i øvrigt også for de faste biomasser, ingen eksisterende lagertankkapacitet. En sådan må derfor inkluderes i projektet i nødvendigt omfang – 9 mdr's opbevaring. I den sammenhæng vil separation og recirkulering givetvis med fordel kunne være en del af løsningen, for at begrænse det nødvendige antal ekstra gylletanke.

alt forekommer der således realistisk at være biomassepotentialer til en samlet biogasproduktion på omkring 7,2 mio. m³ biogas (57 % metan, ca. 20.000 m³ pr. dag, eller 820 m³ pr. time), svarende til ca. 4 mio. m³ metan.

Biogasproduktionen kan evt. varieres dels over året og dels over døgnet. Men dette er ikke nogen fordel, når gassen skal opgraderes og anvendes til transport og behandles derfor ikke nærmere med mindre det evt. viser sig relevant i forhold til en evt. forskel i Samsø-færgens sommer- og vintersejlsplan el. lign. der kunne være årsag til et varierende brændstofbehov.

I forhold til Samsøfærgens årlige brændselsbehov på ca. 3,5 mio. m³ biogas, eller 2,3 mio. m³ metan, pr. år og den skønnede biomasseressource, vil der således være et årligt overskud på ca. 1,7 mio. m³ metan, som vil kunne anvendes til biltransport (- busser og lastbiler på Samsø?), svarende i brændværdi til ca. 1,7 mio. l dieselolie.



Figur 5. Forbehandlingsudstyr ved anvendelse af en stor andel faste biomasser

8. Næringsstofindhold i biomasser

Næringsstofmængder i afgasset biomasse og samlet næringsstofbehov

Tager man udgangspunkt i de biomasser og mængder, der fremgår af tabel 18 fås følgende mængder næringsstoffer. Der er usikkerhed på visse af biomasserne. F.eks. spildevandet fra Trolleborg, hvor indholdet er skønnet.

Biomasse	Tons kvælstof N	Tons fosfor P	Tons kalium K
Kvæggylle	65,5	9,8	59,0
Svinegylle	173,2	46,0	77,9
Dybstrøelse	27,7	6,6	15,1
Overskudshalm	2,0	0,3	5,6
Nedmuldet halm	12,8	1,9	35,9
Efterafgrøder	9,9	1,9	8,5
Enggræs	13,6	2,6	17,0
Energiafgrøder	75,3	14,2	64,8
Gartneriaffald	8,7	1,2	16,8
Grøntaffald Trolleborg	7,4	3,1	1,4
Spildevand Trolleborg	3,0	3,0	3,0
Husholdningsaffald	2,9	0,6	2,5
I alt	~ 400	~ 90	~ 310

Tabel 18. Næringsstofindhold i potentielle biomasser

Af nedenstående tabel fremgår det nuværende gødningsbehov på baggrund af de p.t. dyrkede afgrøder.

Antages en effektiv nyttevirkning af biomassegødningen på henholdsvis, 70, 90 og 90 % for N, P og K i forhold til handelsgødning, som vil være alternativet, kan det skønnes, at ovenstående næringsstofmængder i biogasgylle udgør henholdsvis ca. 31, 59 og 44 % af det årlige gødningsbehov til planteavl på Samsø.

Især mht. kvælstof er der en væsentlig usikkerhed. I praksis vil nyttevirkningen under gunstige betingelser kunne blive højere – måske op til ca. 80 %. Desuden spiller energiafgrøderne en vigtig rolle. Ovenfor er forudsat majs, eller græs. Anvendes i stedet kløvergræs eller lucerne vil kvælstofmængden blive fordoblet. Under sådanne optimale betingelser vil 'forsyningsgraden' mht. kvælstof næsten kunne komme op på 50 %.

Afgrøde	ha	N		P		K	
		kg/ha	t/år	kg/ha	t/år	kg/ha	t/år
Havre	155	84	13	24	3,7	74	12
Triticale	187	139	26	20	3,7	72	14
Vinterbyg	391	137	54	21	8,2	70	27
Vinterhvede	1979	146	289	22	43,5	85	168
Vårhvede	109	104	11	20	2,2	63	7
Vinterrug	180	113	20	16	2,9	75	14
Vårbyg	597	103	62	19	11,3	52	31
Kløvergræs	267	237	63	16	4,3	156	42
Løg	162	165	27	43	7,0	238	37
Miljøgræs	501	0	0	0	0,0	0	0
Naturlignende	184	69	12	3	0,6	34	6
Permanent	257	134	34	4	1,0	59	15
Rødsvingelfrø	192	121	23	16	3,1	69	13
Silomajs	215	136	29	40	8,6	153	33
Solbær	299	160	48	17	5,1	113	34
Spisekartofler	734	132	97	27	19,8	179	131
Udyrket	118	0	0	0	0	0	0
Vinterraps	501	188	94	26	13,0	102	51
I alt	7029		903		138		636
Gennemsnit		128		19		90	

Tabel 19. Næringsstofbehov (NPK) til enkelteafgrøder og samlet for Samsø's agerbrug

Det giver et gennemsnitligt gødningsbehov på henholdsvis 128, 20 og 90 kg N, P og K pr. ha. Og et samlet behov på ca. 900 tons N, 140 tons P og 640 tons K.

I beregningerne af kvælstofbalancer i afsnit 11 er regnet med tilført 128,1 kg N pr. ha med Handels- og husdyrgødning, og i alt ca. 146 kg når deposition, fixering og udsæd medregnes.

Potentielle gødningsfraktioner med forskellige anvendelsesmuligheder

Det kan overvejes at separere den afgassede biomasse inden anvendelsen som gødning. Herved kan opnås forskellige gødningstyper med forskellige næringsstofindhold og dermed forskellige anvendelsesmuligheder. Separation kan ske med en decantercentrifuge eller på anden måde og i det omfang, det findes hensigtsmæssigt. Centrifugen skal evt. under alle omstændigheder være til stede på anlægget pga. et muligt behov for recirkulering af væske til yderligere fortynding af biomasserne.

Nedenstående værdier fremkommer ved anvendelse af de til rådighed værende biomasser i de givne forhold, og under forudsætning af anvendelse af ensileret majs som energiafgrøde.

Gødningsfraktion	Tørstof %	Kg næringsstof pr. tons (tons i alt)			Bemærkning
		N	P	K	
Afgasset biomasse (111.600 t) ¹⁾ (I alt, tons)	8,0	3,4 (400)	0,8 (90)	2,6 (310)	Ca. 70 % af N på ammoniumform. Let spredbar. Moderat hurtigt virkende gødning. Spredes som gylle
Væske-fraktion (90.800 t) (I alt, tons)	1,0	3,4 (300)	0,3 (25)	2,7 (245)	Næsten al N på ammoniumform og dermed relativ stor risiko for ammoniakfordampning. Men næsten som vand og synker hurtigt ned i jorden. Hurtigtvirkende gødning. Spredes som gylle
Fiber-Fraktion (20.800 t) (I alt)	35	4,7 (100)	3,2 (65)	2,8 (65)	Størsteparten af N på organisk form. Vil kompostere hurtigt efter separation, hvorved N kan tabes. God til jordforbedring pga. stort humusindhold. Langsommere virkende gødning. Skal spredes som fast gødning

Tabel 20. Tørstof- og næringsstofindhold i potentielle gødningsfraktioner. Tal i parentes angiver den totale mængde af den pågældende biomasse ved total separation. Tallet for afgasset biomasse er udgangspunktet, altså den mængde, der er til rådighed for separation. Der vil naturligvis ikke være noget af denne fraktion tilbage ved en total separation. ¹⁾At mængden er mindre, ca. 6 %, end den totale inputmængde skyldes omsætning af organisk stof til biogas og vandindholdet i gassen. Værdier i parentes under næringsstofindhold angiver den samlede mængde af det pågældende næringsstof i fraktionen ved total separation. Også her er mængder under afgasset biomasse udgangspunktet.

Anvendes biomasserne i et andet blandingsforhold, vil dette naturligvis give sig udslag også i en ændret næringsstofsammensætning. Ændringerne skal dog være store, for at det vil give markante forskelle i de forskellige fraktioners indhold, med den undtagelse, at anvendes bælplanter (f.eks. kløvergræs eller lucerne) i stedet for majs vil det i væsentligt omfang kunne hæve kvælstofindholdet i alle fraktioner, som antydnet ovenfor.

Procesmæssigt vil der ikke være noget til hinder for en sådan kvælstofforøgelse. Godt nok starter kvælstofhæmning af biogasprocessen allerede ved et kvælstofindhold omkring 3 kg/tons (ammonium-N), og dette niveau ligger biomasseblandingen allerede nogenlunde på. Men processen kan tilvænnedes et langt højere niveau - op mod 6-7 kg total-N/tons - uden væsentlige problemer. Risikoen for skumningsproblemer stiger dog, pga. et øget indhold af proteiner - kvælstoffet tilføres med N-holdige proteiner - og betydningen af så konstante og ensartede driftsbetingelser som muligt øges (bl.a. temperatur, organisk belastning og biomassesammensætning).

Efterkompostering af fiberfraktionen

Ovenstående næringsstoffordeling i fraktionerne er beregnet ved anvendelse af en decantercentrifuge til separationen. Andre metoder kan evt. anvendes og vil i visse tilfælde give lidt andre indhold.

Som nævnt i tabellen er fiberfraktionen allerede i foreliggende tilstand et særdeles godt jordforbedringsmiddel. Som gødningsmiddel er den noget langsommere virkende end både usepareret afgasset gylle og væskefraktionen pga. et højere indhold af organisk bundet N i forhold til ammonium-N.

Det fremgår også, at fiberfraktionen let går i spontan kompostering, og herved fordamper kvælstof i et ikke uvæsentligt omfang. Ved en total kompostering må det forventes, at op mod næsten halvdelen af kvælstoffet fra fiberfraktionen kan fordampe som ammoniak. Det svarer i dette tilfælde til i alt ca. 50 tons kvælstof, eller ca. 12½ % af mængden i udgangspunktet. Komposteringen vil dog gøre fraktionen endnu bedre som jordforbedringsmiddel, men samtidig dårligere som gødningsmiddel pga. N-fordampningen.

Komposteringen, hvad enten den er tilsigtet eller ej, kan dermed udgøre et drifts- og evt. et miljømæssigt problem.

Det er klart, at fordampning af så stor en kvælstofmængde lokalt kan udgøre et forureningsmæssigt problem fordi kvælstoffet i al overvejende grad falder ned relativt lokalt og afhængigt af vindretningen, og her kan bidrage til eutrofiering af naturområder, hvilket er uønsket.

Separation og evt. tilsigtet efterkompostering, bør derfor foretages i et selvstændigt rum med god ventilation og luftrensning i lugtrensseanlægget, som således skal dimensioneres efter en sådan øget belastning. I et effektivt filter vil ammoniakken dels blive bundet i mikrobiel biomasse, hvis anlægget er et biofilter (kan evt. også være et kemisk anlæg) og dels blive afgivet som uskadeligt atmosfærisk kvælstof.

På trods af god ventilation må det dog forventes, at luften i separationsrummet vil indeholde store mængder sundhedsskadelig ammoniak, hvilket vil udgøre et arbejdsmiljømæssigt problem, som måske kun kan løses med åndedrætsværn til personale, der har gøremål i rummet.

Også spontan kompostering af fiberen vil således kunne være vanskelig at håndtere, og den bedste måde vil givetvis være at bortkøre, udbringe og nedmulde fiberfraktionen så hurtigt som muligt efter separationen. Dvs. 'kampagne-separation' vil i så henseende være det mest effektive. Men det kræver til gengæld stor kapacitet på såvel separator som mellemlager for afgasset biomasse.

Anvendelse af såvel afgasset biomasse som væskefraktionen giver ikke anledning til en lignende risiko for ammoniakfordampning under lagring, når dette sker overdækket, dvs. enten med en membran, der samtidig forhindrer fortynding af gødningsfraktionerne med regnvand, eller med overdækning med flydelag, som kan etableres med Lecanødder, snittet halm eller nogle grabfulde fast møg/dybstrøelse.

Til gengæld vil der være en vis risiko for fordampning under udbringningen. Mest optimalt vil det være at udbringe gødningerne, der dog er relativt letflydende og hurtigt synker i jorden – væskefraktionen lettest, fordi den næsten intet faststof indeholder, i stille, fugtigt vejr, gerne let regn. Under sådanne betingelser vil ammoniakken hurtigt blive ført ned i jorden og bundet til jordvæskens.

I tørt vejr bør udbringningen så hurtigt som muligt efterfølges af en let harvning, for at forhindre fordampning.

Der kan være endog meget stor forskel på den opnåelige nyttevirkning af kvælstoffet under de henholdsvis bedste og de dårligste udbringningsbetingelser, som er høj sol, varme og blæst.

Prissættelse/omkostning ved separation

Som det fremgår af ovenstående vil det være vanskeligt præcist at prissætte separation uden forudgående dimensionering af systemerne. Dvs. bl.a. stillingtagen til om hele eller kun en del af den totale mængde afgassede biomasse skal separeres, og hvor store de aktuelle anlægsdele i givet fald så skal være, separator, evt. ekstra separator-/lagerrum, opdimensionering af luftrenseanlæg etc., og det vil i sidste ende afhænge af afsættelsesmulighederne for de enkelte fraktioner. Noget sådant er der ikke gjort forsøg på at analysere her på indeværende tidspunkt. Det lader sig bedst gøre i et konkret tilfælde og på baggrund af konkrete modtagere af biomasser og en analyse af deres aktuelle ønsker og behov.

I praksis vil det i givet fald sandsynligvis være mest hensigtsmæssigt at 'starte i det små' og udvide efter behov, således at fejlinvesteringer så vidt muligt kan undgås.

9. Overvejelser om energiafgrøder, kulstof, energibalance og kvælstoffiksering

Industriaffald og energiafgrøder

Storskala biogasproduktion på basis alene af husdyrgødning er ikke i sig selv rentabelt. Dertil er biogaspotentiallet i gylle for lavt. Eksisterende biogasanlæg har derfor traditionelt boostet gasproduktionen med organisk affald fra bl.a. fødevare- og medicinalindustrien til gavn for begge parter. Herved er anlæggene gået hen og er blevet en af de mest effektive genanvendelsesvirksomheder i landet, samtidig med at energipotentiallet i affaldet udnyttes og næringsstofferne recirkuleres. Miljøeffekten af dette er meget stor.

Men stort set al højværdigt organisk affald genanvendes i dag på denne måde. En undtagelse er organisk husholdningsaffald, som hidtil kun er blevet anvendt i begrænset udstrækning grundet især vanskeligheder med indsamling, urenheder i materialet og lugtgener ved anvendelsen. Og denne mængde udgør ikke mere end et par hundrede tusind tons, svarende til et enkelt mellemstort biogasanlægs biomasseomsætning.

Kommende biogasanlæg må derfor se sig om efter andre biomasser, der kan øge den gennemsnitlige gasproduktion per tons behandlet materiale, og her er interessen naturligt faldet på afgrøder dyrket til formålet. Sådanne biomasser har naturligvis, i forhold til husdyrgødningen, den fordel, at dyrene ikke allerede har fordøjet, det de kan. Gaspotentiallet er derfor stort.

Men myndighederne har fastsat regler for hvor mange energiafgrøder, der må anvendes i biogasanlæggene til øgning af produktionen. P.t. må højst anvendes 25 % målt på mængde, og fremtidigt skal denne mængde halveres. Begrundelsen er, at biogasproduktionen ikke må konkurrere med produktionen af fødevarer til mennesker¹. Især en stor produktion af majs til biogas i Tyskland er faldet politikerne for brystet. Et scenario man nødigt ser i Danmark.

Forskel på energiafgrøder

Majs er blevet anvendt af flere grunde. Afgrøden giver et stort udbytte. Den er let at dyrke og høste, og den er let at anvende ensileret i biogasanlægget. Men majs er samtidig 'hård' ved jorden og miljøet. Den høstes sent på ofte våde marker, hvilket kan medføre trafikskader, sammentrykning af jorden og etablering af trafikalsål, og den kræver store gødningsmængder og er en langsom 'starter', der kræver et stort forbrug af pesticider til ukrudtsbekæmpelse. Den sene høst betyder samtidig, at der ikke kan etableres en efterafgrøde, og at jorden derfor ligger brak vinteren over. I milde vintre medfører det en fortsat mineralisering af organisk stof og udvaskning af næringsstoffer pga. årstidens store nedbørsoverskud.

Men der er gode alternativer til majs, som af mange årsager kunne være særdeles interessante. Ikke mindst i forhold til miljø, udvaskning og CO₂-balance.

¹ Begrænsningen kan forekomme ulogisk, al den stund man tillader en husdyrproduktion, der i udlandet lægger beslag på et areal svarende til Sjælland, til produktion af foder til dyrene. Et areal som vel at mærke lige så vel kunne have været anvendt til produktion af vegetabiliske fødevarer til Jordens voksende befolkning.

Agerbrug tærer på jordens ressourcer – betydning af sædskifte

Generelt medfører planteavl, at der tæres på jordens ressourcer, ikke mindst kulstof/humus², og i den sammenhæng er det ikke ligegyldigt, hvad der dyrkes, se fig. 6.

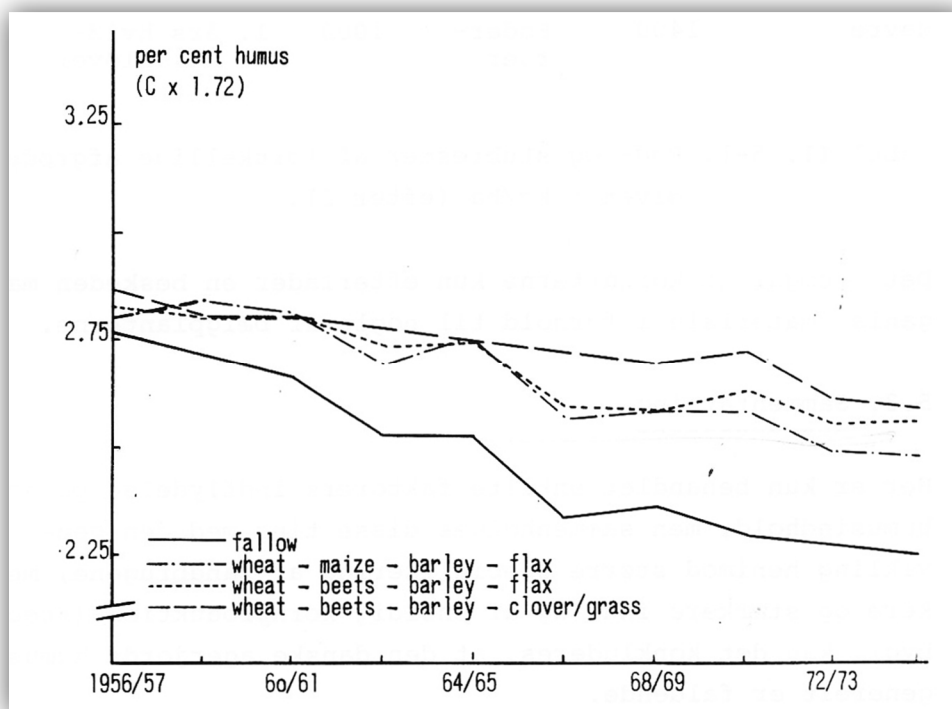


Fig. 6. Langtidsudvikling i humusindhold (omregnet efter kulstofindhold ved multiplikation med faktor 1,72) i agerjord i forskellige sædskifter³. 1: Brak. 2: Hvede/majs/byg/hør. 3: Hvede/roer/byg/hør. 4: Hvede/roer/byg/kløvergræs

Langvarige forsøg over næsten 20 år på Askov forsøgsstation har vist, at alle sædskifter reducerer jordens indhold af kulstof gradvis, dvs. humus, som det fremgår af figuren. Forfatterne forklarer dog en del af reduktionen i kulstofindholdet med, at pløjedybden i perioden er blevet øget, og at det organiske materiale dermed er blevet opblandet i en større jordmængde.

Dette kan dog næppe forklare hele faldet, og langtidsforsøg i Tyskland har vist samme tendens⁴. Her har man i visse tilfælde fundet reduktioner på helt op til 1.000 kg C/ha/år, svarende til 4 tons CO₂. Mere om det nedenfor.

Reduktionen af humus er på lang sigt uheldig, fordi jordens evne til vandbinding, vandkapacitet, ionbytningskapacitet, evne til tilbageholdelse af næringsstoffer, evne til aggregatdannelse, som

² Definition: Humus er det døde organiske stof, der findes i eller på jorden og som er underkastet en stadig op-, om- og nedbrydning. Med 58 % C i humus svarer 1 % C til 1,72 % humus og ca. 45 tons C/ha = 78 tons humus/ha. Ved et C:N-forhold på 10:1 giver det = 4.500 kg N/ha

³ A.D. Kofoed (1980): Humus in long term experiments in Denmark. Soil Degradation. Proc. Of the land use seminar on soil degradation, Wageningen. Ed. D. Boels et al

⁴ K.-J. Hülsberger (2011): Einfluss von Biogassystemen auf die Humusversorgung von Acherböden - Möglichkeiten zur Optimierung. 20. Biogasjahrestagung 11.01.-13.01.2011 in Nürnberg

giver en gunstig dyrkningsstruktur og dens indhold af såvel mikro- som makroorganismer reduceres med et faldende indhold. Det betyder, at dens værdi som dyrkningsmedium gradvist reduceres. Man tærer så at sige på en opbygget kapital, og dyrkning bliver således på sigt mere og mere afhængig af øget jordbehandling, tilførsel af kunstgødningsnæringsstoffer og anvendelse af pesticider.

Som det fremgår af fig. 6, er det kun sædskiftet, der indeholder kløvergræs, der nogenlunde og bedst kan opretholde et stabilt indhold af kulstof/humus, og selv i det tilfælde reduceres indholdet gradvist. De undersøgte sædskifter er alle 4-årige. Tyske langtidsforsøg viser samme tendens, fig. 7.

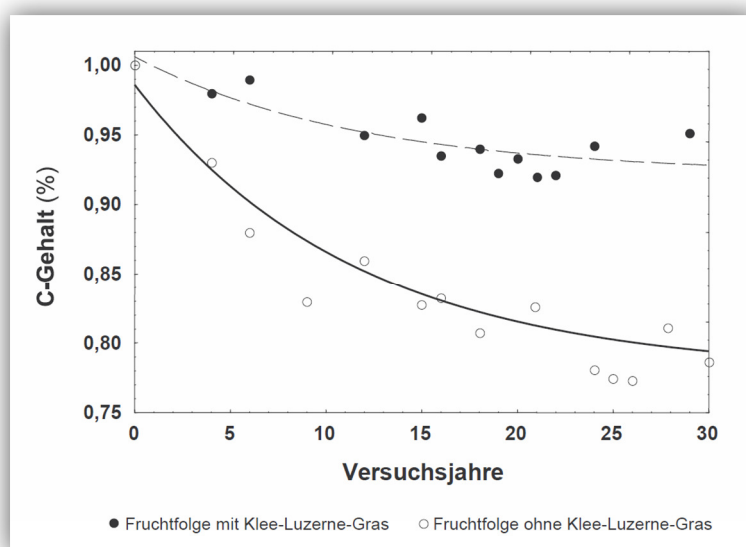


Fig. 7. Udvikling i kulstofindhold med og uden sædskifte med kløver/lucerne-græs i langtidsforsøg ³⁾



Fig. 8. Lucernerødder

Årsagen er naturligvis at kløvergræs og lucerne efterlader et meget stort rodnet i jorden. Mens vinterhvede, vinterrug, vårbyg, havre, ært, lupin, kartoffel og roer – alle enårige – kun efterlader mellem 900 og 1.500 kg rod- og stubrester pr. ha, efterlader 1-års kløvergræs, 1-års hvidkløver, 2-års kløvergræs og 3-års lucerne mellem 3.200 og 6.700 kg/ha, mest for de flerårige naturligvis.

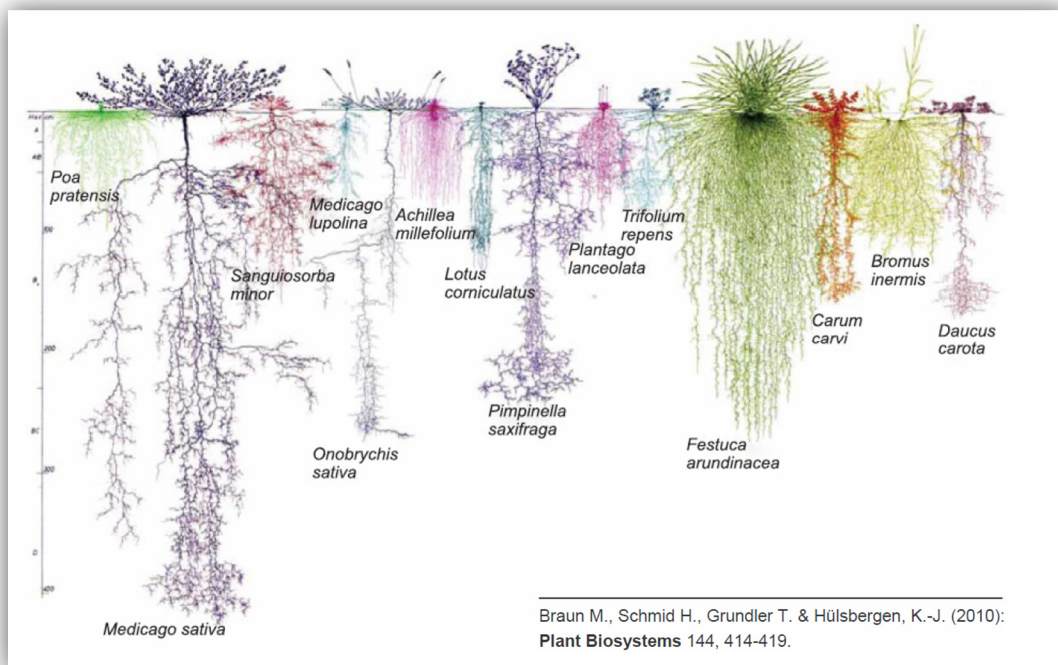


Fig. 9. Rodfordelingsmønster af plantearter anvendt i kløvergræsblandinger. Fra venstre mod højre: Eng-rapgræs, Lucerne, Bibernelle, Humlesneglebælg, Esparsette, Alm. Røllike, Alm. kællingetand, Pimpernelle, Lancetvejbred, Hvidkløver, Strandsvingel, Kommen, Stakløs hejre, Vild guleros. Bemærk, at nogle plantearter, bl.a. lucerne, har et meget dybtgående rodnet, og derfor kan hente næringsstoffer op fra stor dybde inde i forlader rodzonen og endegyldigt er tabt for planterne. Stor rodedybde giver naturligvis også en mindre tørkefølsomhed.

De danske forsøg antyder, at ikke engang 25 % kløvergræs i sædskiftet fuldt ud kan opretholde et stabilt kulstofniveau. I praksis skal man måske helt op på 30-40 % afhængigt af jordtype.

Dette kunne tale for, at gødskningen kan have stor betydning for opretholdelse af humusindholdet, og at overskudshalm bør nedmuldes. Begge dele vil da også have en positiv effekt, som det fremgår af fig. 10. Men selv gødskning med organisk gødning er tilsyneladende ikke tilstrækkeligt til helt at opretholde et stabilt niveau, især ikke på sandjord.

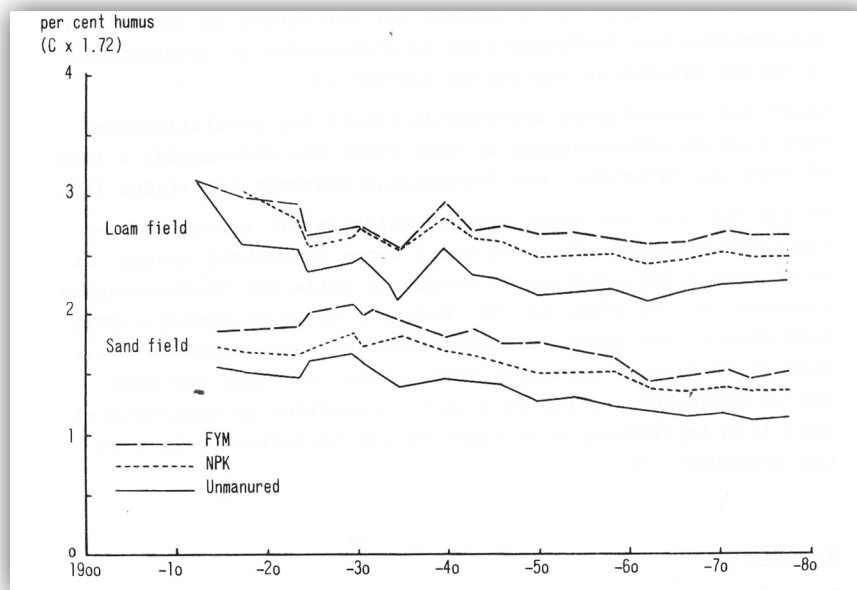


Fig. 10. Langtidsvirkning af gødskningens indflydelse på humusindholdet på ler- og sandjord. 1: FYM: husdyrgødning. 2: NPK: Handelsgødning. 3: Ugødet. Også her er humusindholdet beregnet efter kulstofindholdet ved at multiplikere med 1,72

For fuldstændigheden skyld skal det nævnes, at også jordbehandlingsmetoden har betydning for kulstof/humusindholdet pga. stimuleringen af nedbrydningen ved den mekaniske påvirkning og opblanding af jordlagene.

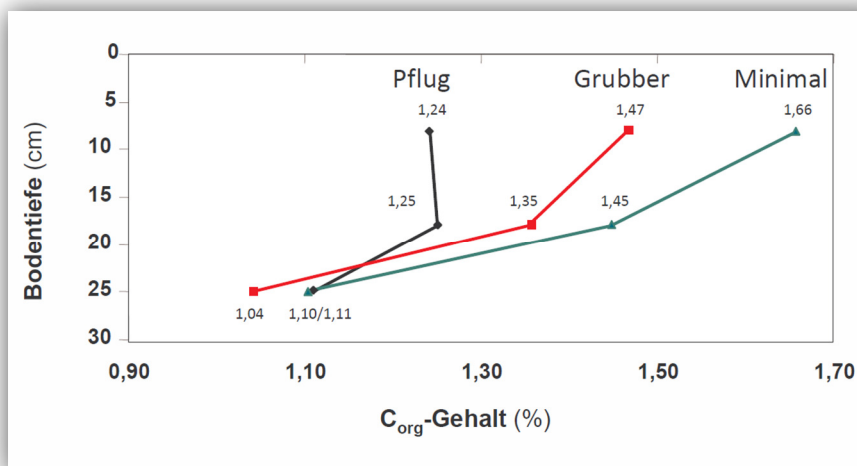


Fig. 11. Kulstofindhold som funktion af jordbehandlingsmetode. Anlægsår 1992, Måling 2005. Pløjning, Harvning, Reduceret jordbehandling. Sædskifte: Majs, Vinterhvede, Kartoffler, Vinterhvede. ³⁾

Effekt på humusopbygningen af anvendelse af husdyrgødning til biogas

Man kunne således mene, at man så bør gøre begge dele: Altså *både* have et stort islæt af kløver-græs/flerårige bælgplanter i sædskiftet *og* tilbageføre al husdyrgødning, hvis man vil opretholde et stabilt humusniveau. Det sætter spørgsmålstejn ved om biogasproduktion på husdyrgødning er foreneligt med opretholdelse af et stabilt niveau.

Det er blevet hævdet at biogasprocessen 'stjæler' organisk stof fra jorden, og at husdyrgødningen i stedet burde tilbageføres direkte. Det er da til en vis grad også rigtigt. I processen nedbrydes ca. halvdelen af det organiske stof, mens resten tilbageføres til jorden. Men det er den let nedbrydelige del, der fjernes og den svært nedbrydelige, der tilbageføres. Og det er netop den svært nedbrydelige del, der er effektiv i forhold til humusopbygningen.

I nedenstående tabel er virkningen af organiske gødningstyper på humusreproduktionen sammenlignet.

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

Fig. 12 *Vejledende værdier for humusreproduktionssevne af forskellige organiske gødninger ved tildeling af lige store mængder tørstof. Plantematerialer: Halm og Grøngødning. Staldgødning: Frisk og Komposteret. Gylle: Svine- og Kreaturgylle. Biogasgylle.* ³⁾

Det fremgår af tabellen, at biogasgylle kun er dårligere end komposteret staldgødning i forhold til humusreproduktionen. Biogasgyllen er sågar lidt bedre i den sammenhæng end halm og væsentligt bedre end især rågylle fra svin.

Det kan bemærkes, at næsten lige så meget organisk stof, ca. halvdelen, fjernes/omsættes ved en anaerob nedbrydning (biogas), som ved en aerob (kompostering), henholdsvis til CO₂ og CH₄ og ren CO₂.

I forhold til Samsø's ressourcer til biogas antyder ovenstående tabel, at der ikke vil være det store forgjort i at anvende den halm, der i dag nedmuldes inden anvendelse som gødning. Tabet af humusopbyggende kulstof vil være relativt beskedent.

Nedenstående figur viser et eksempel på et kulstofkredsløb for et biogasanlæg, som anvender energiafgrøder i produktionen.

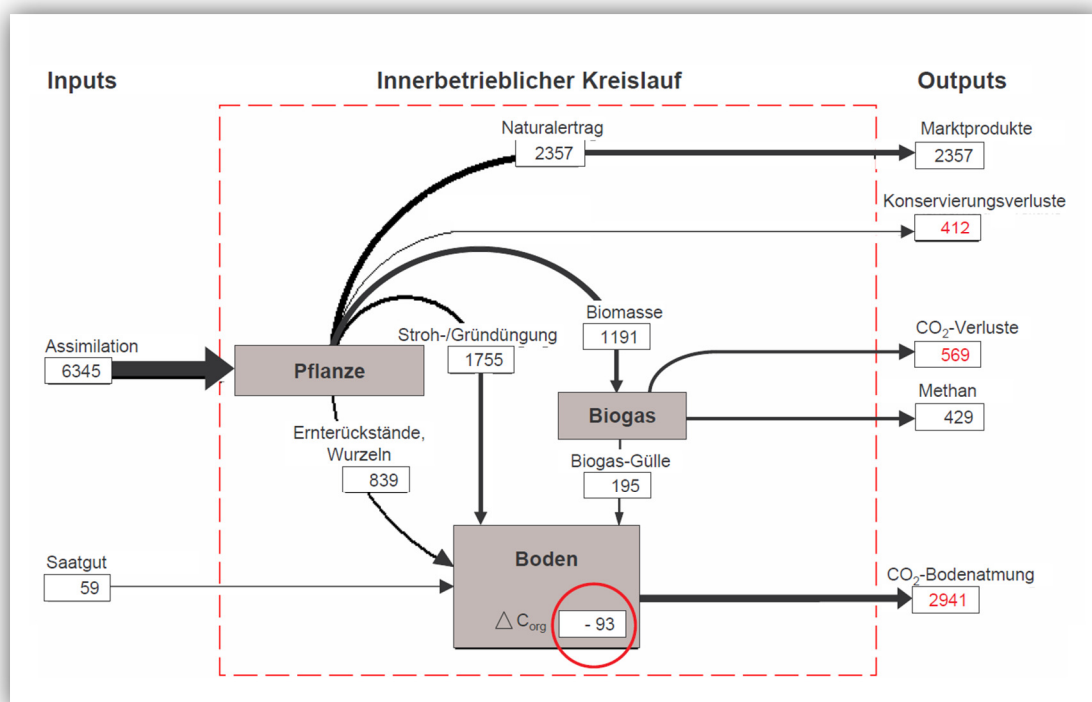


Fig. 13. Kulstofkredsløb for et biogasanlæg i drift, der anvender energiafgrøder

Hvor meget betyder kulstofreduktionen for emissionen af klimagasser?

I en CO₂-sammenhæng inddrages aspektet med det faldende kulstofindhold i jorden kun sjældent. Men i realiteten burde reduktionen indregnes som en årlig øget emission, da den ikke er helt ubetydelig. På baggrund af fig. 6 kan tabet beregnes til ca. 1-1,2 tons CO₂ pr ha pr. år. For Danmarks samlede landbrugsareal svarer det til en årlig emission af ca. 2,7-3,2 mio. tons CO₂, hvilket skal sammenlignes med den totale emission i 2012 på ca. 44 mio. tons, altså mere end 10 %!

For Samsø svarer det til 7.000-8.400 tons pr år. Ved beregning af disse værdier er ikke indregnet, at en lille del af arealerne faktisk dyrkes med flerårige afgrøder, der altså ikke i samme grad vil tærrer på kulstofressourcen, som andre afgrøder

Som nævnt ovenfor, har man i tyske langtidsforsøg i visse tilfælde fundet tab på helt op til 4 tons/ha/år.

Men også emissionen af andre klimagasser end CO₂ hænger sammen med afgrøden, der dyrkes. Af fig. 14 kan man se, at emissionen af N₂O - lattergas - er langt mindre fra kløvergræs end fra vinterhvede.

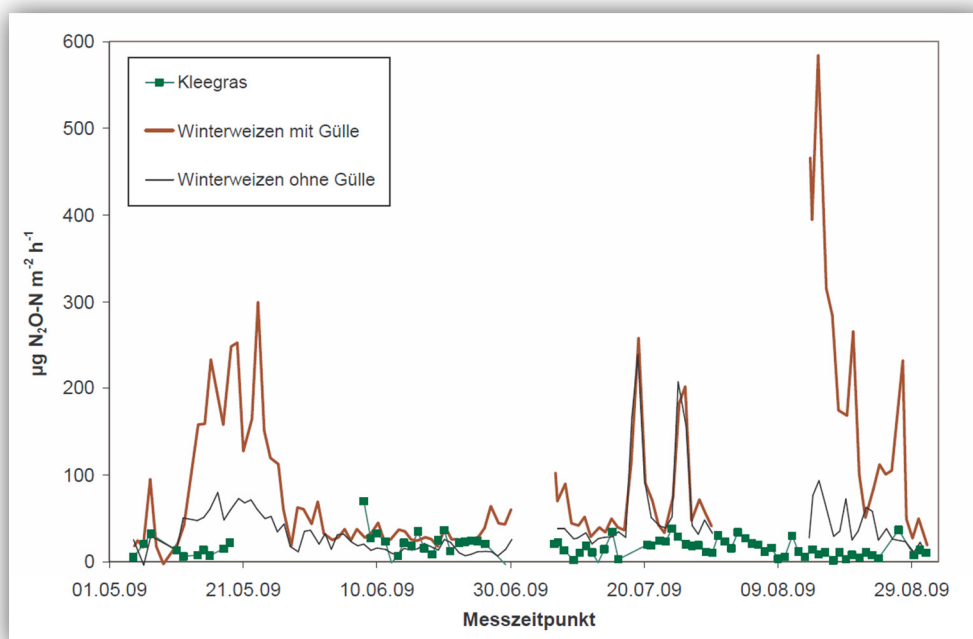


Fig. 14 Lattergasemission, N_2O , i energiafgrøde-sædskifteforsøg³⁾

Det fremgår tydeligt, at mens vinterhvede (især den, der har fået gylle) flere gange over året har store toppe på emissionen af lattergas, ligger kløvergræsset i den sammenhæng konstant lavt. Hvor meget det betyder klimamæssigt kan ikke umiddelbart beregnes. Men lattergas er som klimagas omkring 280 gange kraftigere end kuldioxid, så der skal ikke nødvendigvis så meget til for at give en stor effekt.

Hvor meget kulstof kan en bælgplante indlejre?

Ved at inddrage flere flerårige kløvergræsmarker i sædskiftet kan der indbygges kulstof i jorden og den gradvise nedbrydning og deraf følgende CO_2 -emission reduceres, om ikke elimineres (se fig. 7), samtidig med at jordens frugtbarhed kan opretholdes på lang sigt, hvilket turde være begrundelse nok for at se nærmere på mulighederne i disse tider med fokus på klimagasser og -problemer.

Fig. 15 viser hvor meget kulstof en lucerneafgrøde indarbejder i jorden i forskellige dybder

Bodentiefe cm	C _t -Gehalt mg/100g Boden			Δ C _t - Vorrat	Δ CO ₂ - Bindung
	FF III	FF V	Differenz	kg/a	kg/a
0 - 20	830	990	+ 160	+ 160	+ 586
20 - 40	640	769	+ 129	+ 138	+ 506
40 - 60	246	404	+ 158	+ 168	+ 616
0 - 60			+ 447	+ 466	+ 1708

TRD: Schicht 0 - 20 cm: 1,5 g cm⁻³, Schicht 20 - 60 cm: 1,6 g cm⁻³

Fig. 15. Betydning af lucernedyrkning på kulstofindhold og -forsyning, kg/år. ³⁾

Også tabel 16 viser kløvergræssets kapacitet i den sammenhæng, og tabellen bekræfter samtidig ovenstående påstand om at dyrkning af traditionelle enårige afgrøder tærer på jorden humusres-source, og at niveauet i flere tilfælde ligger omkring 1 tons /ha, som beregnet foran.

Fruchtart	kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹ Verlust (–) oder Gewinn (+)	
	untere Werte	obere Werte
Zuckerrüben	– 760	– 1300
Kartoffeln	– 760	– 1000
Silomais	– 560	– 800
Getreide, Ölfrüchte	– 280	– 400
Körnerleguminosen	+ 160	+ 240
Luzerne-/Klee gras	+ 600	+ 800
Stoppelfrüchte	+ 80	+ 120
Untersaaten	+ 200	+ 300

Fig. 16. Vejledende værdier for afgrødespecifikke ændringer i humusindholdet ved dyrkning af almindelige afgrøder. Fra oven: Sukkerroe, Kartoffel, Majs, Korn og Raps, Bælgplanter til frø, Lu-cerne-/kløvergræs, ? stub/grønkorn ?, ? Udlæg – i hvad ?

Men ikke kun dyrkning af flerårige blægplanter/kløvergræs kan anvendes, hvis humuspuljen i jor-den skal opbygges. En række andre tiltag kan også anvendes.

Nedenstående figur viser lidt bredere hvilke tiltag der vil bedre, og hvilke der vil forringe humus-indholdet i jorden.

Maßnahme	C-Bindung t ha ⁻¹ a ⁻¹
Umwandlung von Grünland in Ackerland, Umbruch begrünter Dauerbrache	> - 1,0
Umwandlung von Ackerland in Grünland, begrünte Dauerbrache	> 1,0
Anbau mehrjähriger Leguminosen/-Gräser	0,5 bis > 1,0
Anbau von Silomais	- 0,4 bis - 0,8
Organische Düngung (Stalldung, Gärreste, Kompost)	> 0,5
Reduzierte Bodenbearbeitung (pfluglos, Direktsaat)	0 bis 0,25

Fig. 17. Potentiale for C-binding i jorden, tons/ha/år. Fra oven: Omlægning af græsarealer til agerjord. Omlægning af vedvarende brak. Omlægning af agerland til græsarealer. Bevokset vedvarende brak. Produktion af flerårig kløver/lucernegræs. Produktion af majs. Tilførsel af organisk gødning (staldgødning, gærrester, kompost). Reduceret jordbehandling (pløjefri, direkte såning). ³⁾

Den større indlejring af kulstof en kløver/lucernegræsmark efterlader, vil som tidligere nævnt også få betydning for såvel mikro- som makroorganismer, simpelthen fordi, der er noget mere at leve af. Forskellen kan være meget markant.

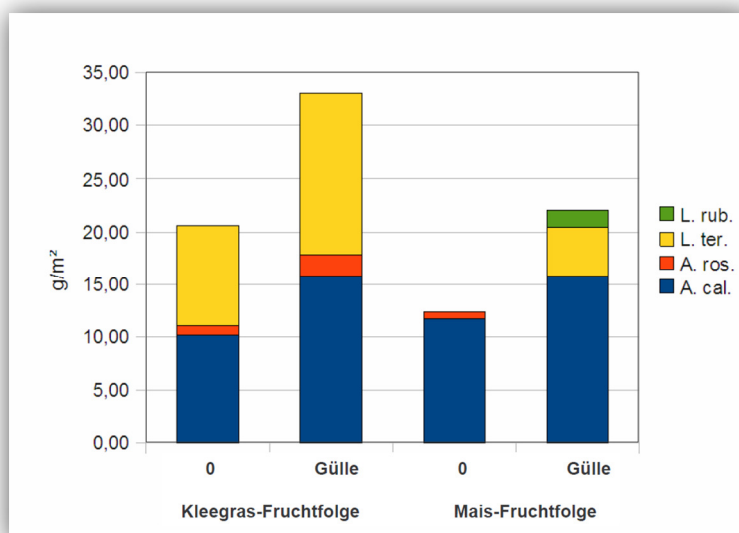


Fig. 17. Regnorme-biomasse, g/m², i henholdsvis et sædskifte med kløvergræs og et majsædskifte.

Især regnorme er vigtige for bl.a. den mekaniske bearbejdning af jorden, indlejring af organisk stof og sammenkitning af jordpartikler i aggregater. I en jord med mange regnorme flytter disse rundt

på flere tons jord pr. ha pr. år, og skaber gange, som er vigtige for dræningen og planternes rod-udbredelse i jorden.

Flerårige afgrøder og kvælstofudvaskning

Som nævnt har græs et meget stort rodnet, der ofte går dybt i jorden. Hertil kommer, at græs har en meget lang vækstsæson. Væksten begynder allerede i det tidlige forår, når temperaturen i jorden nærmer sig 5 °C, og stopper først igen, når den atter går under de fem grader. I hele vækstperioden slipper ikke mange næringsstoffer gennem rodzonen, og udvaskningen af kvælstof fra flerårig græs er da også lille sammenlignet med andre afgrøder. I vintermånederne er temperaturen så lav, at mineraliseringen nærmest går i stå. Også i denne periode er udvaskningen derfor lav fra en græsmark.

Hertil kommer, at jorden ikke så tit pløjes og harves, noget der sætter gang i mineraliseringen, men derimod lades i fred i 2-4 år. Ved ompløjning, der fra tid til anden naturligvis skal til, når græsset indgår i et sædskifte, sættes der dog gang i mineraliseringen, og risikoen for udvaskning stiger dramatisk. Vil man hindre et tab af næringsstoffer i den forbindelse, bør ompløjning derfor ske om foråret, og med etablering af en ny afgrøde så hurtigt som muligt derefter, således at mineraliserede næringsstoffer kan blive optaget i så stort omfang som muligt.

Mindre pesticidforbrug

I modsætning til f.eks. majs behandles græsmarker og kløvergræsmarker ikke med pesticider - ukrudts- og insektbekæmpelsesmidler. Det er naturligvis positivt for den vilde flora og fauna, der derved ikke belastes ved afdrift.

Hertil kommer, at pesticider, ud over at udgøre en miljøbelastning, også i nogen grad belaster CO₂-regnskabet, fordi de koster energi at producere.

Kvælstoffixering

Bælgplanter besidder evnen, at kunne fixere atmosfærisk kvælstof. Det sker i symbiose med mikroorganismer i planternes rodknolde. Mængden kan være anseelig og op mod 300 kg/ha for en veletableret kløvergræsmark med stort islæt af kløver.

Det betyder, at marken ikke har det samme behov for tilførsel af handelsgødning-N som andre afgrøder. I Samsø's kontekst vil en større produktion af bælgplanter til benyttelse i biogasanlægget derfor kunne medvirke til en højere selvforsyningsgrad. Dels fordi det samlede N-behov reduceres, kløvergræsset, eller andre bælgplanter, f.eks. lucerne, klarer selv forsyningen i modsætning til den afgrøde de erstatter, og dels fordi bælgplanterne vil øge indholdet af kvælstof i den afgassede biomasse, der herefter vil kunne bruges på andre, kvælstofkrævende afgrøder.

Kvælstoffixering og energibalance

I et studie vedrørende anvendelse af kløvergræs til biogasproduktion på et konkret biogasanlæg, hvor biogassen blev anvendt til kraftvarmeproduktion, og alle led i produktionsprocessen blev ind-

regnet, dvs. såvel f.eks. direkte energiforbrug til markarbejdet som indirekte energiforbrug til produktion af handelsgødninger m.m., er energiratioen blevet beregnet. Dvs. hvor stort energiforbruget har været i forhold til den resulterende nettoproduktion⁵.

Her fandt man, at det var ganske væsentligt, om afgrøden skulle ensileres eller om den kunne anvendes direkte i frisk tilstand. Ved produktion af kløvergræs og anvendelse i frisk tilstand var energiratioen på ca. 13,1. Dvs. der produceredes 13 gange så meget energi, som der blev forbrugt i hele produktionsprocessen, når fortægning af kraftværksel indregnedes med en faktor 2,38. Det svarer til en virkningsgrad på ca. 42 % på kraftværket. Skulle biomassen ensileres før brug faldt ratioen til ca. 6,9. Dvs. næsten en halvering. Ensilering er mao. en energikrævende proces.

Ved produktion af rent græs, dvs. ingen kvælstoffixering og dermed ingen handelsgødningsfortægning, var de tilsvarende energiratioer henholdsvis 4,6 og 3,2. Rent græs giver altså stadig et energimæssigt overskud, om end det måske er mindre end forventet. Men kvælstoffixeringen er altså særdeles betydningsfuld og forbedrer det energimæssige overskud med en faktor 2-3.

I de nævnte beregninger blev regnet med en fikseret kvælstofmængde (effektiv i forhold til planteavl) på 76 kg/ha/år, altså en fortægning af handelsgødning på 76 kg N. Der blev anvendt en energiværdi på 59 MJ/kg N. Dette forbrug er siden givetvis blevet reduceret pga. besparelser og procesforbedringer i industrien. Det teoretiske minimum er dog ca. 23 MJ/kg.

Med de anvendte forudsætninger svarer det til en energibesparelse på ca. 485 kWh/år/ha, og forudsættes produktionen af handelsgødnings-N at ske v.h.j.a. kraftværksel, svarer det igen til en mindre CO₂-mængde på ca. 300-370 kg pr ha pr år for kløvergræs.

I den sammenhæng er der næppe større forskel på flerårig kløvergræs og lucerne, og lucerne er måske bedre egnet på Samsø som energiafgrøde, fordi afgrøden ikke er helt så tørkefølsom.

Afsluttende bemærkninger

Når der foran er nævnt kløvergræs eller lucerne skal det forstås som en afgrøde med hovedvægt på græs og iblanding af kløver/lucerne. Lucerne dyrkes dog traditionelt ofte i renbestand. I praksis, og til biogasbrug, vil det dog være hensigtsmæssigt med mere alsidige blandinger indeholdende flere plantearter. Herved vil følsomheden o.f. klimatiske variationer kunne reduceres og dyrknings-sikkerheden øges.

Når talen falder på energiafgrøder, er der med andre ord mange gode grunde til at se på andre muligheder end majs. Ser man i bred forstand miljømæssigt på problematikken, og med særlig fokus på klimaproblematikken, er der dog ikke tvivl om, hvad man bør gå efter. Men uden støtteincitamenter går det nok ikke, fordi produktionen af majs på kort sigt, når alle de nævnte eksternaliteter ikke indregnes, økonomisk er så meget bedre end græs. Ikke mindst på Samsø med den højere gennemsnitstemperatur, de flere solskinstimer og den mindre nedbør end landsgennemsnittet. Men mulighederne er der – se nærmere under energiafgrøder.

⁵ PlanEnergi og NNR (1996): Kløvergræs som energiafgrøde

10. Landbrugsmæssige perspektiver af biogasproduktion

Umiddelbart er de landbrugsmæssige perspektiver de sædvanlige for involverede brug.

- Færre lugtgener fra gødningsspredning (pga. nedbrydning af lugtstoffer)
- Bedre nyttevirkning af kvælstof (især pga. højere indhold af ammonium-N)
- Bedre NPK-forhold i gødningen (pga. blanding af forskellige gødningstyper og biomasser)
- Præcis gødningsanvendelse (pga. måling af indhold og deklarering)
- Bedre udnyttelse af gødningsressourcen (pga. omfordeling)
- Reducerede spredeomkostninger (pga. omdannelse af dybstrøelse til gylle og lettere spredbarhed)
- Stor reduktion af smittekim (pga. temperatur, anaerobe betingelser og holdetid)
- Eliminering af ukrudtsfrø i gødningen (pga. temperatur, anaerobe betingelser og holdetid)

Det kan være vanskeligt at opgøre den samlede pekuniære værdi af disse forhold, men estimerer i andre sammenhænge antyder en merværdi af gødningen/gyllen mellem 5 og 15 kr./tons alene pga. forbedret nyttevirkning af kvælstof og et mere optimalt forhold mellem næringsstofferne i forhold til de vigtigste afgrøders behov. I afsnit 11 er den bedre kvælstofudnyttelse beregnet, og viser, at udbyttet, målt som kvælstofoptagelse i afgrøden, stiger med ca. 10 %.

Herudover fører ovennævnte bedre udnyttelse og processen desuden en række positive miljø-mæssige effekter med sig, som kort nævnt her drejer sig om:

- Reduceret kvælstofudvaskning
- Potentiel reduceret kvælstoffordampning (?)
- Potentiel reduceret kvælstoftab ved denitrifikation (?)
- Reduktion af miljøfremmede stoffer i gylle og andre biomasser

Hvor stor reduktionen af kvælstofudvaskningen bliver, afhænger af omstændighederne. Det er der regnet lidt mere på i afsnit 11.

Men herudover er der måske andre og mere vidtrækkende perspektiver for landbrugserhvervet på Samsø ved at involvere sig i et biogasanlæg.

Som bekendt har Samsø haft held med at omstille energiforbruget til 100 % vedvarende energi og har i den sammenhæng fået så at sige hele verdens øjne rettet mod sig. Nu er det nye mål for Samsø at blive affaldsfri ø. Men herudover kunne det måske også være et perspektiv, at vise vejen til omstilling til økologisk landbrugsproduktion. I den sammenhæng er et biogasanlæg helt centralt, fordi anlægget i lige så høj grad kan fungere som en 'gødningsfabrik' som et energianlæg.

Skal en øget omstilling af specielt planteavl til økologisk produktion kunne praktiseres stiller det krav til en sikker og pålidelig produktion af økologisk gødning. I dag må økologiske planteavlere anvende en vis mængde ikke-økologisk husdyrgødning i produktionen, foruden hvad de selv kan producere af grøngødning. På længere sigt skal den ikke-økologiske gødning dog udfases, og man bliver hundrede procent afhængig af den gødningsproduktion, man selv kan producere, hvilket for planteavlere drejer sig om grøngødning.

Det siger sig selv at produktion af grøngødning, hvis eneste formål er at gøde jorden for efterfølgende afgrøder, er en bekostelig affære, fordi produktionen så at sige kun bidrager til dækningsbidraget på bedriften på længere sigt. I udlægsåret er arealet så at sige passivt og koster penge til markarbejdet.

Skydes et biogasanlæg derimod ind imellem produktionen og marken, vil planteproduktionen pludselig få en handelsværdi, og samtidig vil den biomasse, planteavleren får tilbage få en langt større N-nyttelvirkning, som er det helt store problem for sådanne producenter.

For økologiske planteavlere vil et sådant system mao. kunne forbedre økonomien ganske væsentligt. For husdyrproducenter er billedet umiddelbart lidt mere kompliceret, men også for sådanne vil en omstilling lettere kunne praktiseres, fordi i hvert fald kvægbrugene allerede har stor erfaring med produktion af grovfoder (læs: energiafgrøder).

Det siger næsten sig selv, at hvis en sådan gødningsproduktion skal blive rigtigt god, kræver det et højere indhold af kvælstof i biomasserne. I den sammenhæng er bælgeplanter som tidligere nævnt særdeles interessante. At disse så samtidig kan bidrage til at opretholde et stabilt kulstofindhold (se afsnit 9) i dyrkningsjorden er et yderligere plus for en ø, der også ønsker et positivt CO₂-regnskab. Eneste hage i den sammenhæng er, at sådanne afgrøder ikke er helt så produktive sammenlignet med majs. Men er jordens frugtbarhed, gødningens værdi og maksimal CO₂-reduktion i fokus, er der ingen vej uden om.

Som nævnt skal økologisk producenter med tiden omstille sig til ren økologisk gødning. I overgangsfasen må stadig anvendes en vis mængde ikke-økologisk gødning.

I første omgang vil al gødning fra biogasanlægget være en blanding af ikke-økologiske biomasser (hovedparten) og økologiske afhængigt af, hvordan de enkelte biomasser kan defineres i forhold til Plantedirektoratets regler. Man vil således kunne styre procentandelene økologisk/ikke-økologisk rent regnskabsmæssigt, og der vil i første række måske ikke være behov for at kunne producere biogas på 2 linjer, en økologisk og en ikke-økologisk. På længere sigt vil det dog givetvis være praktisk med sådan to linjer, for fuldstændigt at kunne adskille økologisk og ikke-økologisk gødning.

Hvis et sådant perspektiv anses for interessant bør et biogasanlæg på Samsø som et minimum forberedes for en 2-linje proces. Dvs. med mindst 2 reaktorer, 2 fortanke og 2 efterlagertanke. Gassystemet kan være det samme.

Samsø er jo som bekendt også en stor grøntsagsproducent med produktion af en stor mængde forarbejdede afgrøder, konserver (Trolleborg). Et yderligere perspektiv for Samsø kunne derfor på sigt måske også være at markedsføre øen som storproducent af økologiske grøntsager, rå som forarbejdede.

11.Kvælstofbalance før og efter etablering af biogasanlæg

Med anvendelse af et program udviklet af ConTerra Aps er effekten af etablering af et biogasanlæg på udnyttelsen og tabet af kvælstof for hele Samsø beregnet i to situationer, som hver især kan sammenlignes med den nuværende uden et biogasanlæg til at behandle dele af øens organiske ressourcer.

Beregningerne er foretaget med to udgangspunkter:

- 1) med et udnyttelseskrav på 55 %, som vil være det krav og den procent aftagere af afgasset biomasse skal anvende i deres gødningsregnskab, som følge af en gennemsnitsberegning ud fra de på biogasanlægget anvendte biomasser.
- 2) med en udnyttelsesprocent på 75, som typisk vil være det, der i praksis vil kunne opnås med anvendelse af afgasset biomasse.
Den faktiske udnyttelsesprocent kan dog variere betydeligt fra år til år, afhængigt af bl.a. vejrforhold på udbringningstidspunktet (se fodnote på næste side) og i mindre grad også afgrødevalget. Et spænd på mindst 70 – 80 % må i praksis forventes.

Nedenfor er beregningerne opstillet i tabelform opdelt på Input, Output og Resultat

N-balance Input Kg/ha					
	Før etablering	Efter etablering			
		55 % udnyttelseskrav		75 % udnyttelseskrav	
	Input	Input	Ændring	Input	Ændring
Husdyrgødning	32,5	12,1	-20,4	12,1	-20,4
Handelsgødning	94,6	90,7	-3,9	84,0	-10,5
Anden org. gødning	0,4	0,4	0,0	0,4	0,0
Afgasset biomasse	0,0	33,5	+33,5	33,5	+33,5
Deposition	8,5	8,5	0,0	8,5	0,0
Fixering	7,5	7,5	0,0	7,5	0,0
Udsæd	2,4	2,4	0,0	2,4	0,0
Total	145,8	155,1	+9,2	148,4	+2,6

Tabel 21. Mængde kvælstof tilført pr. ha fra forskellige kilder før og efter etablering af biogasanlægget.

Når f.eks. tilførslen af husdyrgødning falder fra 32,5 til 12,1 efter etablering af biogasanlægget, betyder det at 20,4 kg N husdyrgødningen i stedet for at blive tilført marken direkte nu går gennem biogasanlægget, mens 12,1 kg stadig tilføres marken som ubehandlet husdyrgødning. De 20,4 kg flyttes herefter ned og udgør en del af den afgassede biomasse efter etablering af anlægget.

N-balance Output Kg/ha					
	Før etablering	Efter etablering			
		55 % udnyttelseskrav		75 % udnyttelseskrav	
		Output	Ændring	Output	Ændring
Afgrødeudbytte	96,6	106,5	+10,0	105,2	+8,7
Sekundært udbytte	9,7	9,7	0,0	9,7	0,0
Denitrifikation	10,0	10,0	0,0	10,0	0,0
Fordampning	0,9	1,3	+0,4	1,3	+0,4
Total	107,5	117,9	+10,4	116,5	+10,4

Tabel 22. Mængde af kvælstof fraført pr. ha. på forskellig vis før og efter etablering af biogasanlægget

Man bemærker af tabellerne at kvælstoftilførslen stiger en smule (tabel 21), hvis udnyttelsesprocenten er 55 %, (til 145,8 fra 155,1 kg/ha). Men outputtet, især afgrødeudbyttet, stiger betydeligt mere (til 106,5 fra 96,6 kg/ha), tabel 22. Det hænger sammen med, at kvælstoffet i afgasset biomasser, er betydeligt lettere tilgængeligt for planterne end kvælstoffet i ikke-behandlede biomasser – organisk bundet kvælstof omdannes i processen i stor stil til ammonium-kvælstof. Samlet set bliver tabet derfor reduceret.

Det samlede resultatet fremgår af tabel 23, dels som gennemsnit pr. ha og dels som sum for hele Samsø's landbrugsareal på i alt 8.210 ha, som er anvendt i beregningerne.

N-balance Resultat Kg/ha			
	Før etablering	Efter etablering	
		55 % udnyttelseskrav	75 % udnyttelseskrav
N-input, total	145,8	155,1	148,4
N-output, total	107,5	117,9	116,5
Overskud, tab i alt	38,1	37,2	31,9
Overskud, tab i alt Samsø	312,9	305,9	261,9
Nitratudvaskning, mg NO₃/l	84,1	82,1	70,1

Tabel 23. Tab og udvaskning af kvælstof før og efter biogasanlæg

Af tabel 22 ovenfor fremgår det, at tabet til atmosfæren med denitrifikation vil være uændret efter biogasgylleanvendelsen, mens fordampning vil stige en anelse såvel i 55 som i 75 %-scenariet. Det skyldes naturligvis det højere indhold af ammonium/ammoniak i afgasset gylle end i rågylle.⁶

Samlet bliver tabet reduceret i begge scenarier. Fra 38,1 til henholdsvis 37,2 og 31,9 kg N/ha, tabel 23.

Det bemærkes, at tabet *også* reduceres i 55 %-scenariet - i visse kredse benævnt 'trylle-gylle'-scenariet. Det er dog ikke helt overraskende og skyldes naturligvis, at N-udbyttet stiger med ca. 10 %. Forskellen er dog ikke stor – ca. 2-3 %.

Vil man have den fulde miljømæssige gevinst, bør gødningsregnskabet hos landmanden dog indregne en 75 % udnyttelse af kvælstoffet i den afgassede gødning. I det tilfælde reduceres tabet fra 38,1 til 31,9 kg kvælstof pr. ha, svarende til en reduktion på næsten 20 %, og en mindsket nitratudvaskning af samme størrelsesorden. Samtidig antyder beregningerne, at dette kun giver en ubetydelig udbyttereduktion i forhold til 55 %-scenariet på ca. 1½ %.

Samlet reduceres N-tabet på Samsø med henholdsvis ca. 7 tons og hele 51 tons i henholdsvis 55 og 75 %-scenariet. Det er naturligvis ikke helt uvæsentligt for det omgivende miljø, forstået som såvel overfladevand, grundvand og havmiljø.

⁶ Ældre studier har vist et fald i såvel fordampningen som denitrifikationen ved anvendelse af afgasset gylle. Det første blev forklaret ved at afgasset gylle er lettere flydende end rågylle, og derfor hurtigere trænger ned i jorden. Det andet ved, dels at indholdet af organisk bundet kvælstof er mindre i afgasset og at denitrificerende bakterier, der trives under anaerobe forhold, så har mindre at leve af, og dels at anaerobe forhold ikke så let opstår i jord, der gødskes med mindre letnedbrydeligt organisk stof, hvis nedbrydning bidrager til at opbruge ilten i jordluften. Forskellene er dog nok meget små, og i hvert fald mht. fordampning er en alafgørende faktor klimatiske betingelser under udbringningen: Blæsevejr, sol og varme medfører en stor fordampning, mens regnvejr, kulde og stille vejr giver en lille. Vil landmanden have mest muligt ud af sin afgassede gylle, samtidig med at han ikke ønsker at påvirke miljøet negativt mere end højst nødvendigt, er disse forhold meget vigtige at holde sig for øje, og om muligt tilrettelægge udbringningen herefter.