

## NEDBRYDNING (ILTFRI) AF FLERÅRIGE AFGRØDER I PILOTANLÆG: METAN- PRODUKTIONSPOTENTIALE OG KVÆLSTOFGØDNINGSVÆRDI



Miljø- og  
Fødevareministeriet

gudsp

Dette projekt medfinansieres af "Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram", (GUDP) under Fødevareministeriet.

I et studie undersøgte metan-produktionspotentialet ved tilsætning af flerårige afgrøder (græs, bælglplanter og græs + bælglplanter) til biogasanlæg samt kvælstofgødningsværdien af den afgasset biomasse.

Et referat af artiklen: *Anaerobic co-digestion of perennials: methane potential and digestate nitrogen fertilizer value* fra 2016, af Dorette Sophie Müller-Stöver, Guotao Sun, Pablo Kroff, Sune Tjalfe Thomsen og Henrik Hauggaard-Nielsen.

# SAMMENDRAG

*Dette studie fandt frem til, at tilsætningen af flerårige afgrøder (græs, bælglplanter og græs + bælglplanter) til biogasanlæg (pilotanlæg) øgede den akkumulerede metanproduktion fire til fem gange i forhold til anlæg domineret af husdyrsgødning/industriaffald. Det højeste metanudbytte blev fundet ved tilsætning af en ren græsblanding, men potentialet for metanproduktion pr. gram organisk stof faldt med koncentrationen af græsbiomasse i pilotanlægget.*

*I pottforsøg med vårbyg viste resultaterne, at afgasset biomasse med energiafgrøder statistisk set havde samme gødningsværdi som mineralsk gødning. Afgasset biomasse øgede tørstofindholdet i vårbyg-biomassen med 40-170 % i forhold til en kontrol. Afgasset biomasse med græs resulterede dog i en lavere vækst af vårbyg, og forsøgene viste ligeledes mere fluktuerende koncentrationer af mineralsk kvælstof i jorden ved denne behandling sammenlignet med de andre behandlinger.*

Indholdsfortegnelse

Sammendrag

1. Introduktion

2. Fastsættelse af metan-potentialet af afgasset biomasse med flerårige efterafgrøder

3. Mineralsk kvælstof i jorden efter tilførsel af afgasset biomasser

4. CO<sub>2</sub> emission fra jord tilført afgasset biomasse

5. Biomasseudbyttet af vårbyg tilført forskellige afgasset biomasser

6. Konklusion

7. Referencer

## 1. INTRODUKTION

Biogasproduktionen i Danmark er domineret af tilførsel af husdyrsgødning fra svin og kvæg. Anlæggene har dog brug for input af energirig, organisk materiale for, at produktionen kan give en økonomisk gevinst. Dyrkning af produktive energiafgrøder kan være med til at øge bioenergiproduktionen i Danmark, og forbedre det korndominerede sædskifte, som kendetegner europæisk planteavl. Flerårige fodergræsser som græs og bælglplanter kan bidrage med atmosfærisk kvælstof (N), afgrødedække, mindske forstyrrelsen af jorden samt øge jordens kulstofbinding. Anvendelsen af flerårige afgrøder som co-substrat i metanproduktionen er derfor interessant. Input af organisk materiale kan dog ændre sammensætningen af biomassen fra biogasanlæggene, hvilket kan påvirke gødningsværdien af den afgassede biomasse.

Formålet med studiet var at validere fermentationspotentialet (metanproduktionen) af forskellige flerårige afgrøder (græs, bælglplanter og blandinger af græs og bælglplanter), samt at

undersøge effekten af tilførsel af forskellige afgasset biomasser på jordens N og kulstof (C) dynamik samt biomasseudbytter.

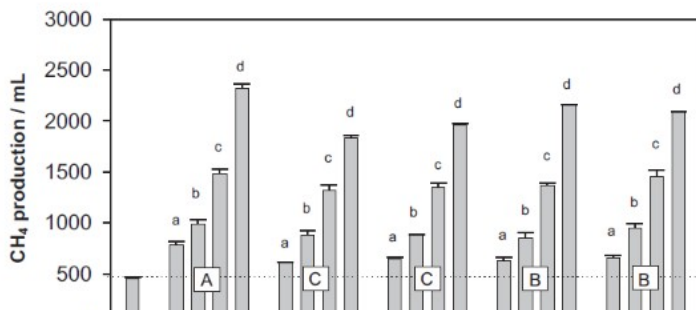
## 2. FASTSÆTTELSE AF METAN-POTENTIAL ET AF AFGASSET BIOMASSE MED FLERÅRIGE EFTERAFGRØDER

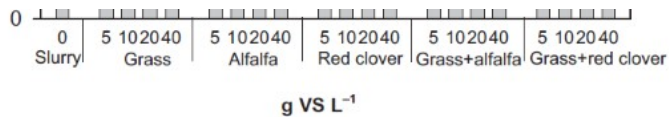
De udvalgte afgrødeblandinger repræsenterer udlæg sået efter vårbyg. Efter høst af hovedafgrøden har energiafgrøden stået ubehandlet frem til det efterfølgende høstår, hvor der er blevet taget tre slæt henover sommeren. Afgrødeprøver fra tredje slet er anvendt til forsøgene.

Metanproduktionen af følgende biogasblandinger blev undersøgt: græs, lucerne, rødkløver, græs + rødkløver (70:30) og græs + lucerne (80:20). En flaske blev tilført 5, 10, 20 eller 40 g organisk tørstof (VS) pr liter væske i plantemateriale samt 95,5 g afgasset kvæg- og svinegylle (80 %) samt industriaffald (20 %). Flasken blev fyldt med vand til et volumen på 160 ml var nået i alle behandlinger. Prøverne sammenlignes med en reference indeholdende afgasset gylle/industriaffald og vand. For at simulere et biogasanlæg blev flaskerne tilført  $N_2/CO_2$  for at opnå iltfrie forhold, hvorefter prøverne blev indkuberet i 18 dage ved 55 °C. Metanproduktionen blev målt tre gange i ugen gennem inkuberingsperioden.

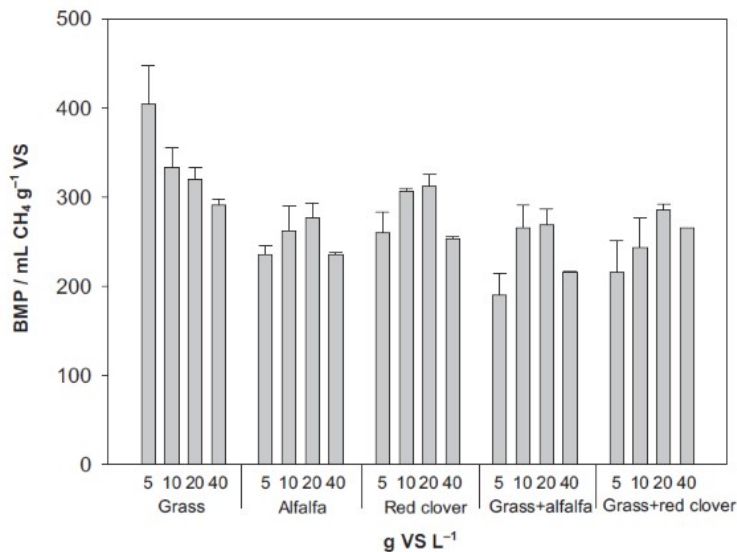
Figur 1 viser, at den kumulative metanproduktion øges med stigende biomassekoncentration i alle biogasblandingerne. Græsblendingen viste den højeste gasproduktion uanset biomassekoncentrationen, og metanproduktionen i kløver og lucerne blev signifikant forbedret af sammenblending med græs.

Biometan-potentialet (BMP: ml  $CH_4$ /g organisk tørstof) for græs var højere end for afgrødeblandingerne med bælglplanter uanset biomassekoncentrationen. Dog ses det, at BMP i græs faldt med biomassekoncentrationen, hvilket ikke var tilfældet i de andre biogasblandinger. Dette kunne skyldes inhibering af metanogenesen ved høje græskoncentrationer. Ud fra figur 1 virker græs til, at være mest egnet til anaerob (iltfri) nedbrydning med gylle. Forfatterne foreslår dog, at fremtidige studier burde undersøge, hvor store mængder græs der kan tilføres før metanproduktionen hæmmes.





Figur 1: Den kumulative metanproduktion (CH<sub>4</sub>) i biogasblandinger med afgasset gylle og fem forskellige organiske blandinger (græs, lucerne, rødkløver, græs + lucerne og græs + rødkløver) med forskellige mængder organisk stof (5, 10, 20 og 40 g organisk tørstof pr liter væske). Figuren inkluderer standard fejlen (SE). Forskellige små bogstaver over søljevarene viser signifikante forskelle ( $P \leq 5\%$ ) mellem behandlingerne. De store bogstaver viser signifikante forskelle mellem substraterne (organiske blandinger).



Figur 2. Biometan-potentialet (BMP: ml CH<sub>4</sub> pr g organisk tørstof) i biogasblandinger med afgasset gylle og fem forskellige organiske blandinger (græs, lucerne, rødkløver, græs + lucerne og græs + rødkløver) med forskellige mængder organisk stof (5, 10, 20 og 40 g organisk tørstof pr liter væske). Figuren inkluderer standard fejlen (SE).

### 3. MINERALSK KVÆLSTOF I JORDEN EFTER TILFØRSEL AF AFGASSET BIOMASSER

Seks af de forskellige afgasset biomasser, indeholdende gylle/industriaffald, græs- og/eller biomasse fra bælgeplanter samt vand, blev iblandet jordprøver (JB3-4) for at undersøge kvælstofdynamikken af produkterne i jorden. Følgende biomasser blev anvendt: græs + 20 g VS/L, rødkløver + 20 g VS/L, rødkløver + 40 g VS/L, græs og rødkløver med 20 g VS/L, græs og rødkløver + 40 g VS/L samt gylle/industriaffald uden tilsat afgrødebiomasse. Der blev tilsat, hvad der svarer til 200 kg N/ha i afgasset biomasse til jordprøverne. De seks prøver blev sammenlignet med en kontroljordprøve uden tilførsel (CO) samt en jordprøve tilført samme mængde kvælstof i handelsgødning (AN: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Jordprøverne blev indkuberet ved 20 °C

gennem 60 dage.

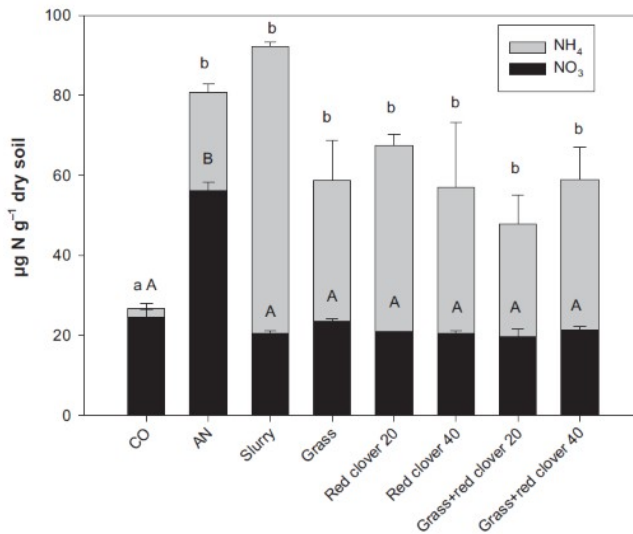
Tabel 1 viser indholdet af tørstof (Dry matter) samt TN og total kulstof (TC) i procent af tørstoffet. Stigningen i tørstofindholdet er kun signifikant i behandlingen med rødkløver + 40 g SV/L i forhold til behandlingen med gylle/industriaffald. C:N forholdet stiger en smule i behandlingerne med højre tørstofindhold på grund af tilførsel af afgrødebiomasse dog er forholdet lavt i alle behandlingerne. pH værdien i prøverne lå omkring  $8,5 \pm 0,2$  og var konstant gennem perioden.

Tabel 1: Karakteristika for de afgasset biomasser. Tabellen inkluderer standard fejlen og de små bogstaver viser signifikante forskelle mellem biomasserne ( $P \leq 5\%$ )

Treatment	Dry matter %	Total N / % DM	Total C / % DM	C : N
Slurry	$2.04 \pm 0.00a$	$9.78 \pm 0.03a$	$31.3 \pm 0.09a$	3.2
Grass	$2.86 \pm 0.02ab$	$7.70 \pm 0.04abc$	$34.4 \pm 0.05ab$	4.4
Red clover 20	$3.12 \pm 0.02ab$	$8.02 \pm 0.05abc$	$37.2 \pm 0.06abc$	4.6
Red clover 40	$4.29 \pm 0.03b$	$7.68 \pm 0.05bc$	$39.7 \pm 0.02c$	5.2
Grass+red clover 20	$3.01 \pm 0.02ab$	$9.78 \pm 0.05ab$	$35.1 \pm 0.11abc$	3.9
Grass+red clover 40	$4.03 \pm 0.02ab$	$7.19 \pm 0.03c$	$37.5 \pm 0.18bc$	5.1

<sup>a</sup> ± = standard error. Means followed by different letters are significantly different at  $P \leq 5\%$ .

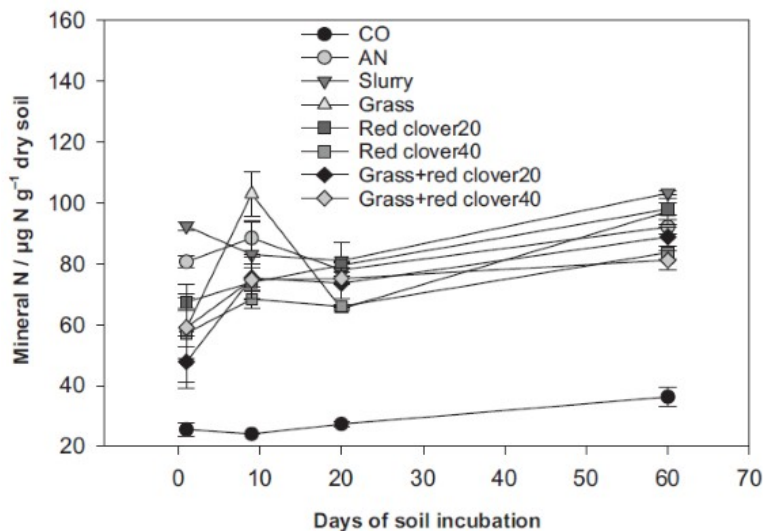
Figur 3 viser mineralsk kvælstof (ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )) i jorder opblandet med de forskellige behandlinger lige efter tilførsel. Der ses kun en signifikant forskel i jordens ammoniumindhold mellem kontrolprøven og de andre behandlinger. Der er ingen signifikant forskelle i indholdet af  $\text{NH}_4^+$  og  $\text{NO}_3^-$  mellem de seks behandlingerne med afgasset biomasse. Ud fra dette resultat ses der derfor ingen forskel på om jorden tilføres afgasset biomasse bestående af gylle/industriaffald eller afgasset biomasse tilført forskellige plantebiomasser.



Figur 3:  $\text{NH}_4$  og  $\text{NO}_3$  indholdet i indkuberet jordprøver lige efter tilførsel af afgasset biomasse med forskellige afgrødetype/afgrødemængder. Figuren inkluderer standard fejl. Afvigelse ved små og store bogstaver illustrerer signifikant forskel mellem behandlingerne ved henholdsvis  $\text{NH}_4$  og  $\text{NO}_3$  ( $p \leq 5\%$ ).

Figur 4 viser udviklingen i mineralsk kvælstof gennem inkuberingsperioden. For alle behandlinger stiger det mineralske kvælstofindhold gennem perioden. Kvælstofindholdet i jorden fluktuerer dog mere i jordprøver tilsat græsblanding i forhold til jorder tilsat andre afgasset biomasser. Den mineralske kvælstofkoncentration var signifikant højere end koncentrationen i begge kløverbehandlinger efter 9 dages inkubering, hvilket var på grund af en højere ammoniumkoncentration i forhold til de resterende behandlinger (data er ikke vist). Efter 20 dages inkubering var den mineralske kvælstofkoncentration i jorde tilført græsblanding signifikant lavere end behandlingerne med gylle/industriaffald og rødkløver + 20 g VS/L. Den høje koncentration af ammonium tidlig i inkuberingen kunne have medført øget mikrobiel aktivitet, og dermed immobilisering af kvælstof senere under inkuberingen på grund af tilgængeligt let omsættelig kulstof fra den afgasset biomasse.

I starten af inkuberingen ændrede jordens pH sig ikke betydeligt uanset behandling. Efter 60 dages inkubering var jordens pH faldet med 0,5 enhed i forhold til kontrollen.

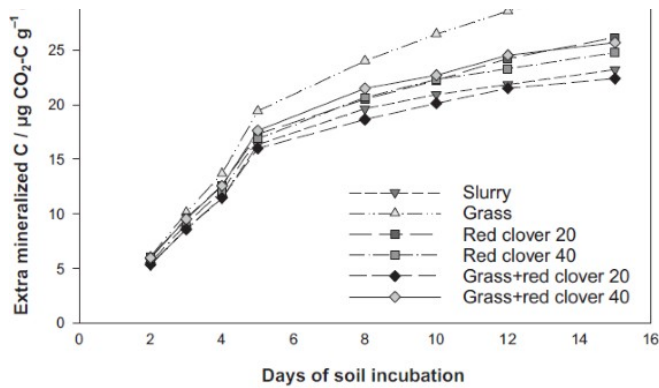


Figur 4: Det mineralske kvælstofindhold i jorden gennem inkuberingsperioden efter tilførsel af afgasset biomasse, handelsgødning (AN) eller ved kontrollen (CO).

## 4. CO<sub>2</sub> EMISSION FRA JORD TILFØRT AFGASSET BIOMASSE

Der blev udledt signifikant mere CO<sub>2</sub> fra alle afgasset biomasser i den første uge af inkuberingen i forhold til kontrolbehandlingerne (CO og AN) (data er ikke vist). Efter to uger lå alle behandlingerne dog på niveau med eller under CO<sub>2</sub> emissionerne fra kontroljorderne. Overordnet var der ingen signifikant forskel i CO<sub>2</sub> udledningen mellem behandlingerne med afgasset biomasse på trods af, at afgasset biomasse med græsblanding viste en lidt større respiration end de andre behandlinger gennem de første to uger (figur 5).



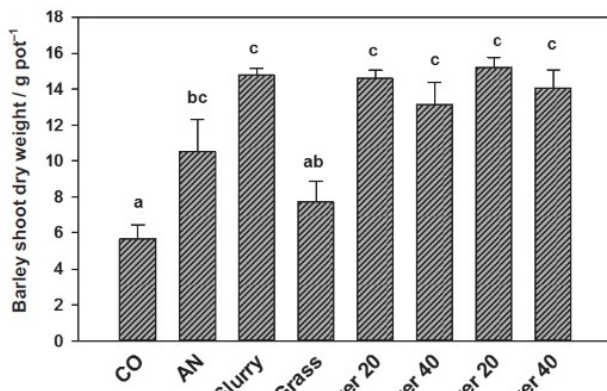


Figur 5. Respireret kulstof ( $\mu\text{g CO}_2\text{-C / g}$  tør jord) fra forskellige afgasset biomasser tilført jordprøver gennem 15 dages inkubering. Kulstofrespiration fra kontrolbehandlingen er trukket fra behandlingerne.

## 5. BIOMASSEUDBYTTET AF VÅRBYG TILFØRT FORSKELLIGE AFGASSET BIOMASSER

I et pottforsøg blev vårbyg tilført forskellige typer afgasset biomasser svarende til 200 kg N/ha (samme behandlinger som i afsnit 3 og 4). Potterne med vårbyg stod i et drivhus med gennemsnitlige natte- og dagstemperaturer på henholdsvis 16 og 25,4 °C. Forsøget varede i 60 dage, hvorefter biomassen over jorden blev høstet og tørret ved 70 °C til konstant vægt, og tørstofindholdet blev registreret.

Generelt gav de fleste behandlinger (AN, Slurry, Red clover 20, Red clover 40, Grass + red clover 20 og Grass + red clover 40) et signifikant højere tørstofindhold i forhold til kontrollen (CO), hvilket dog ikke var tilfældet for vårbyg tilført afgasset biomasse med græsblanding (grass). Tørstofindholdet i vårbyg tilført afgasset biomasse med græsblanding var signifikant lavere i forhold til tørstofindholdet i vårbyg tilført andre afgasset biomasser. Dette kunne muligvis forklares ud fra resultaterne i figur 4, hvor der ved græsbehandlingen efter 20 dage var en lav mængde uorganisk kvælstof i jorden. Tidlig i vækstsæsonen er tilgængeligheden af kvælstof i jorden vigtig for plantevæksten, og kan derfor forklare det lave tørstofudbytte i vårbyggen.



5  
6  
Red clover  
Red clover  
Grass+red clover  
Grass+red clover

Figur 6. Tørstofindholdet (tørstof (g) pr. potte) af vårbyg i et potteeksperiment tilført forskellige afgasset biomasser. Figuren inkluderer standard fejl (SE), og bogstaverne illustrere signifikant forskelle mellem behandlingerne.

## 6. KONKLUSION

- Alle de testede flerårige afgrøder kunne anvendes som co-substrat for anaerob nedbrydning af husdyrsgødning, da afgrøderne øgede metanudbyttet sammenlignet med afgasset biomasse bestående af gylle/industriaffald. Afgasset biomasse med græsblanding viste det højeste BMP.
- Afgasset biomasse tilført energiafgrøder kunne med en enkel undtagelse erstatte mineralsk kvælstofgødning i et kontrolleret potteforsøg; dog resulterede tilsætning af afgasset biomasse med græs til vårbyg i et mindre tørstofudbytte af plantematerialet over jorden i forhold til de andre behandlinger med afgasset biomasse.
- Forfatterne konkluderer, at tilsætning af bælglplanter og mix af græs + bælglplanter til biogasanlæg er interessant, da anvendelsen kombinere høje metanudbytter med en høj gødningsværdi af restproduktet (den afgasset biomasse). Dyrkningen af de flerårige energiafgrøder er ligeledes godt for sædskiftet.

## 7. REFERENCER

Müller-Stöver, D. S., Sun, G., Kroff, P., Thomassen, S. T. and Hauggaard-Nielsen, H. 2016. Anaerobic co-digestion of perennials: methane potential and digestate nitrogen fertilizer value. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. Volume: 179. Issue: 6. Pages: 696-704.