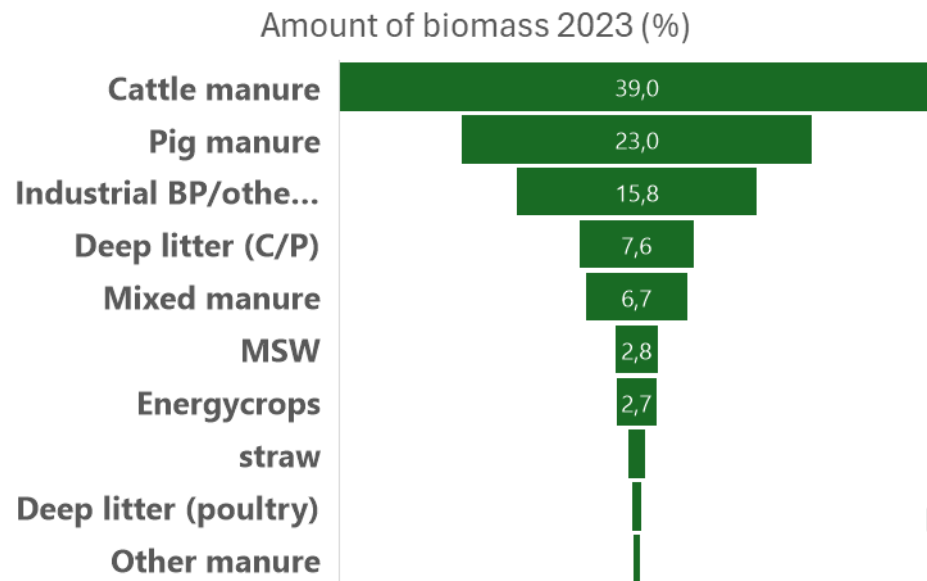


THE TRANSITION TOWARDS NEW BIOGAS TECHNOLOGIES FOR STRAW AND GRASS

Henrik B. Møller

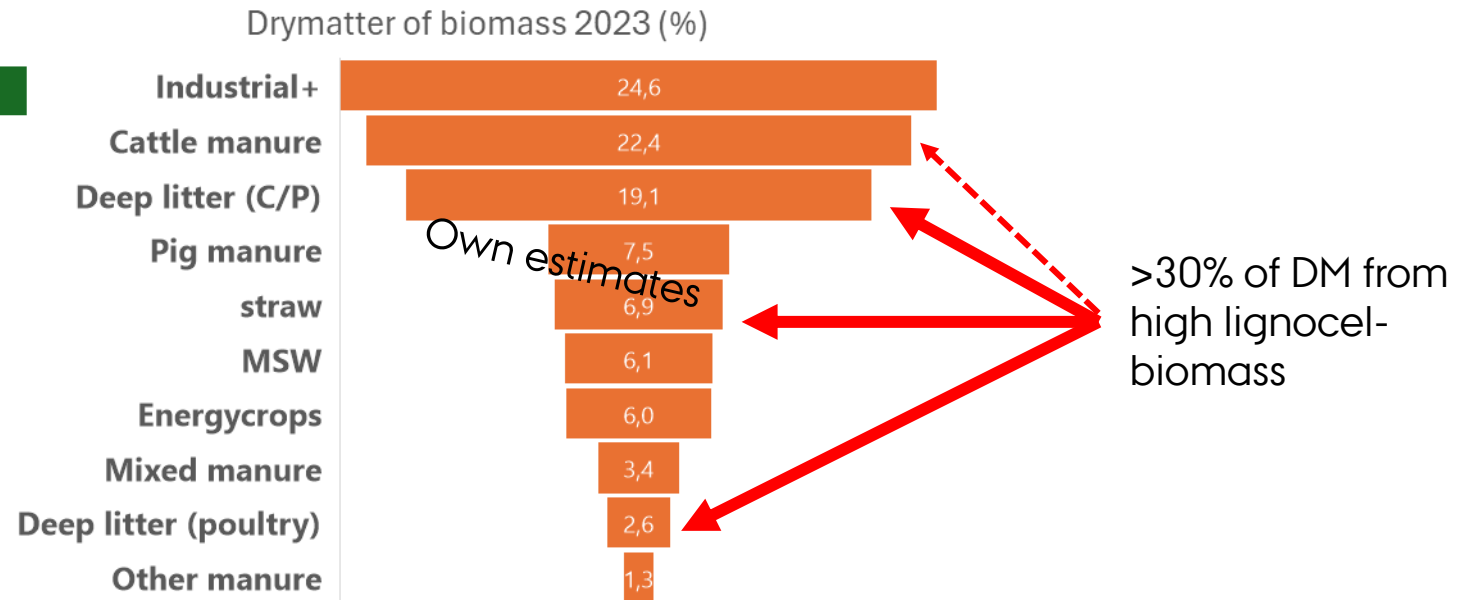


BIOMASS INPUT IN DANISH AGRO-BIOGAS



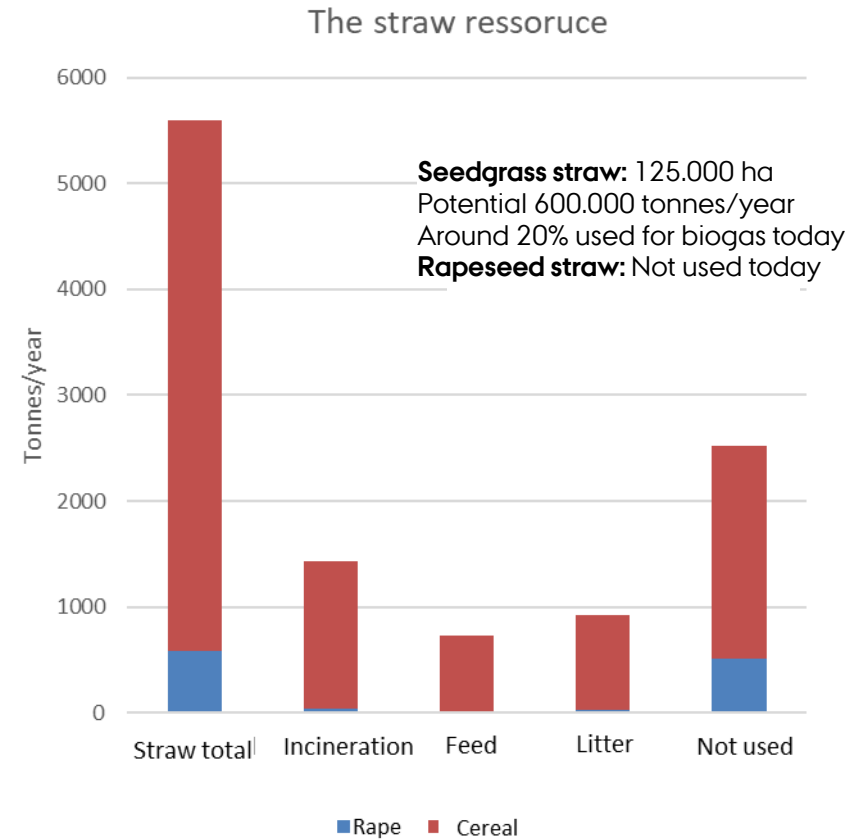
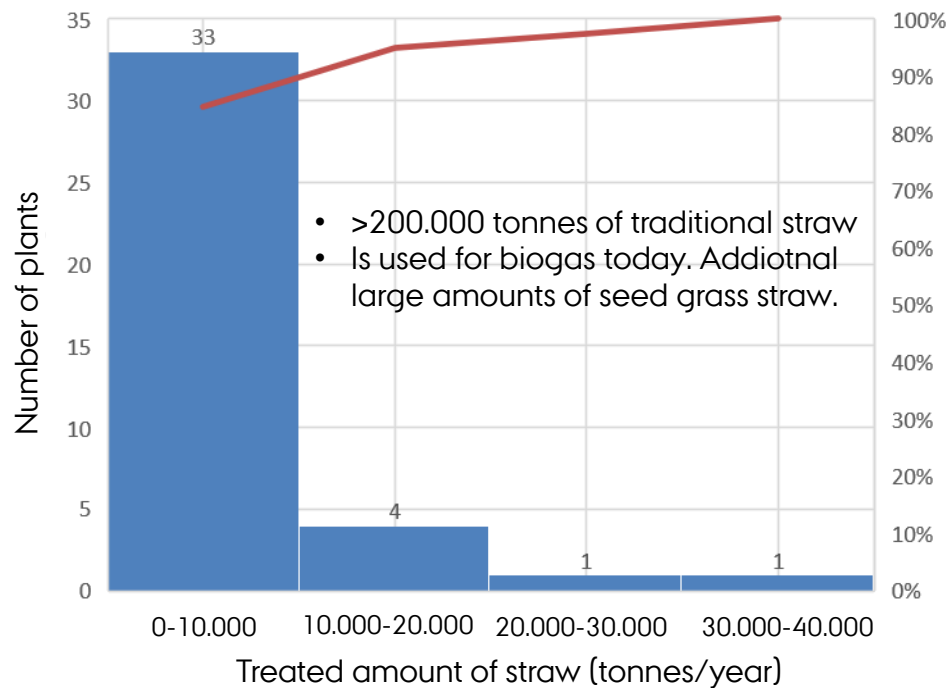
Total: >17 mill tonnes

The average DM input = **13,9%**



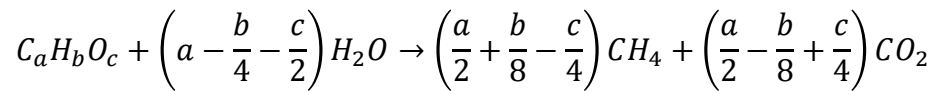
Total: >2,4 tonnes DM

STRAW FOR BIOGAS



STRAW ENERGY

Bushwell energi (komplet omsætning)



450-600 L CH₄/kg VS

LHV (bombekalorimeter)

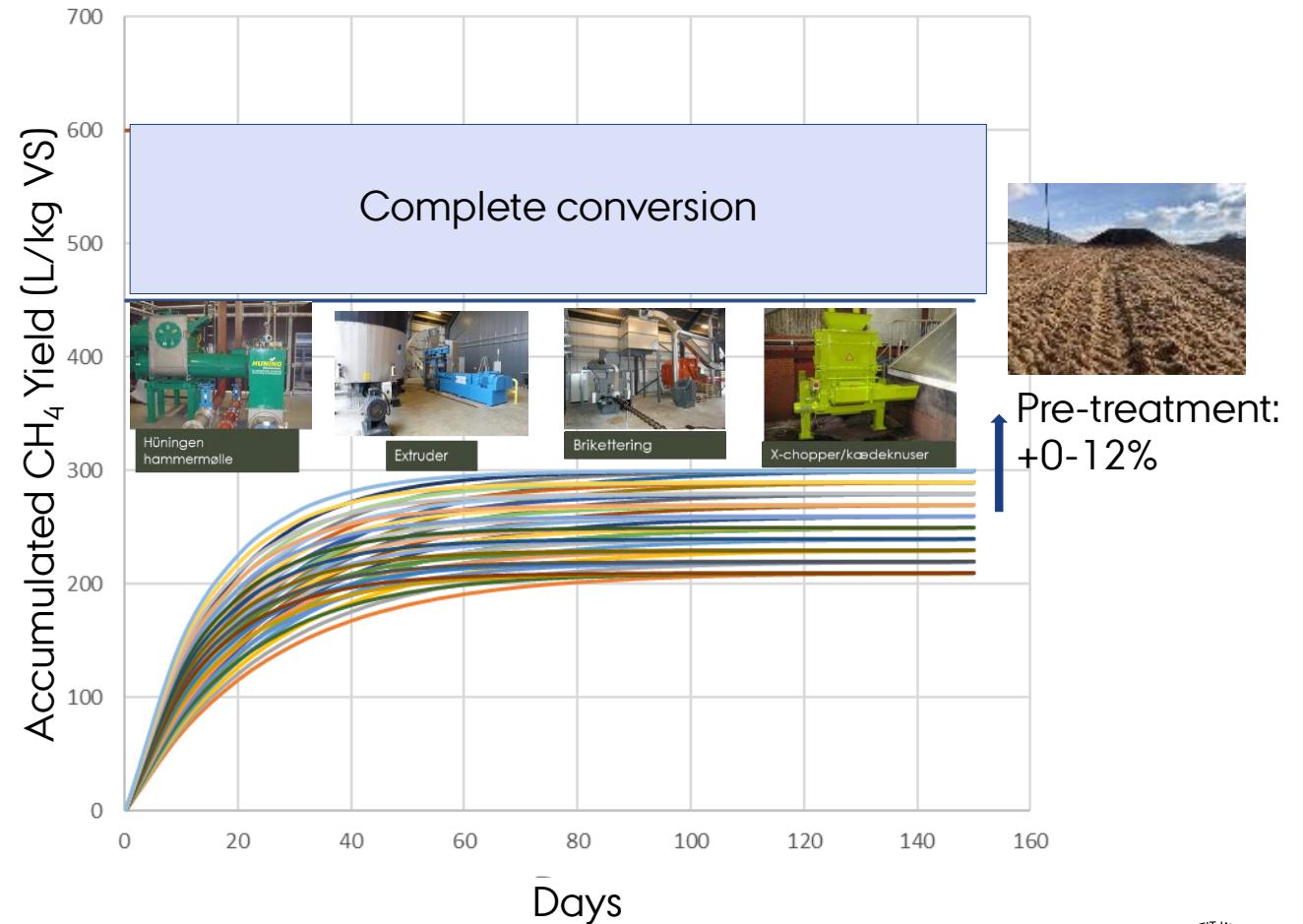
19,8 MJ/kg VS = 551 L CH₄/kg VS

Biogas energi

$$B = B_0(1 - e^{-kt})$$

B₀=210-300 L CH₄/kg VS

K=0,04-0,07



STRATEGIES FOR STRAW

straw ab field

High quality straw
Briquetting
Pelletizing

Secundastraw:
Ensiling
maceration

deeplitter

100% straw
Next Generation

plant > 10% straw
2 plants

Small amounts of
straw
Several plants





H.B. Møller^{a,*}, S.G. Sommer^a, B.K. Ahring^b

[illegible]

Keywords: Methane yield; Anaerobic digestion; Manure; Straw; Manure separation

Anaerobic degradation of animal manure results in the production of biogas, which is composed mainly of methane and carbon dioxide [1]. Natural degradation of manure, leading to emissions of CH_4 during storage, is very undesirable because of the global warming effects resulting from the release of greenhouse gases [2,3]. However, by using controlled anaerobic

* Corresponding author. Tel.: +45-7629-6043; fax: +45-7629-6100. E-mail: henrikb.moller@agrsci.dk (H.B. Møller).

E-mail address: henrikh.moller@agriscience.com

digestion of animal manure, where the biogas is captured, the CH₄ emissions during storage of manure can be reduced and the energy from manure can be used as a substitute for fossil fuels, thereby serving as a CO₂-neutral energy source [4]. The methane potential of manure comes from the digestion of the organic components in the faeces and in the straw used as bedding material, which are mainly: carbohydrates, proteins and lipids. Methane yield can be expressed in several ways [5]. The term 'methane productivity' is used to indicate the yield of methane per unit of a variable used to indicate the yield of methane measured in terms able. Methane productivity can be measured in terms of volatile solids (VS) destroyed, VS loaded, volume, or volatile solids (VS) destroyed. Volatile solids measured



Nu produceres der biogas af halm og græs

Indkøb af en såkaldt ekstruder til biogasinstallationer ved AU Foulum giver forskerne helt nye muligheder for at teste biogaspotentialt i mere bæverværdige former for affald som halm og græs. De to biogasplanter i Foulum er i gang med at teste halm og græs som råvarer til biogas.

Hennrik G. Madsen
gæsteforsker, Aarhus

[illegible]

truder til
ulum
lghe-
alet i

...gere und
ber biom
å over 20 p
es og dybs
t, at ekstru
partikler og
langsomt f
Nogle orga
ke er forde
forskere, de
kab til for
erent



FE

store fordele ved at presse halm til briketter, hvis halmen
at booste gasproduktionen i biogasanlæg. Gas-
hold til ubehandlet halm, indholdet af
og der er ingen risiko for
-hus Universitet.

tere tilgængelige for bakterier i biogasprocessen. Ekstrudering er mest velegnet til våd biomasse, mens brikettering kræver et holdsvist tørt materiale.

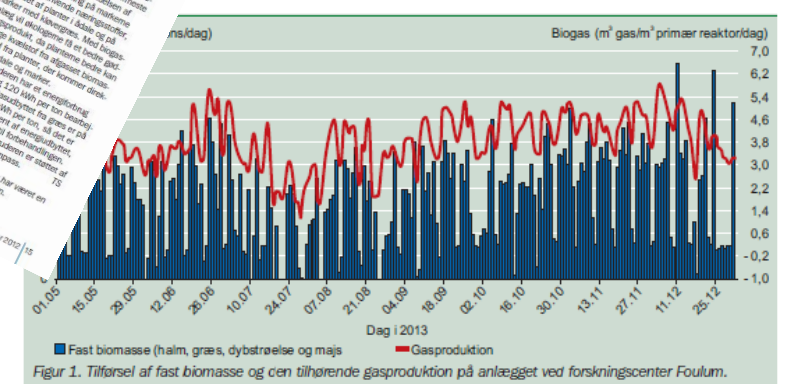
Ved forbehandling er det muligt at håndtere langt større mængder halm i biogasanlægget, end det ellers ville være muligt. Uden forbehandling kan der kun tilsættes små mængder halm til et biogasanlæg, da halmen fylder meget, er vanskeligt at røre op i gylle og skaber flydelag i reaktoren.

Briketteringen giver således mulighed for at tilsætte store mængder halm, samtidigt med at biogasud-

byttet øges. I princippet betyder det, at biogasproduktionen kan fordobles i de anlæg, der i dag er baseret på husdyrgødning.

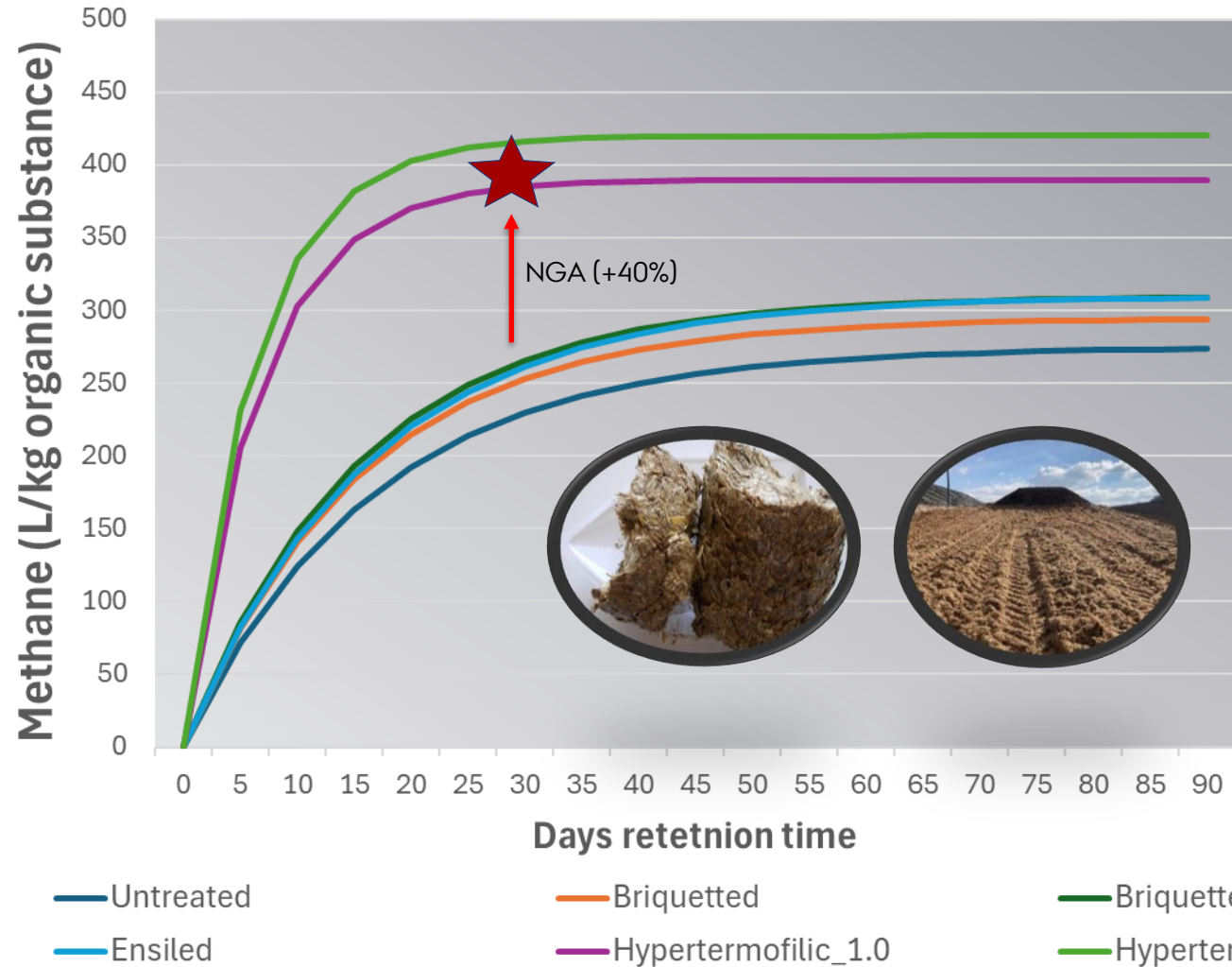
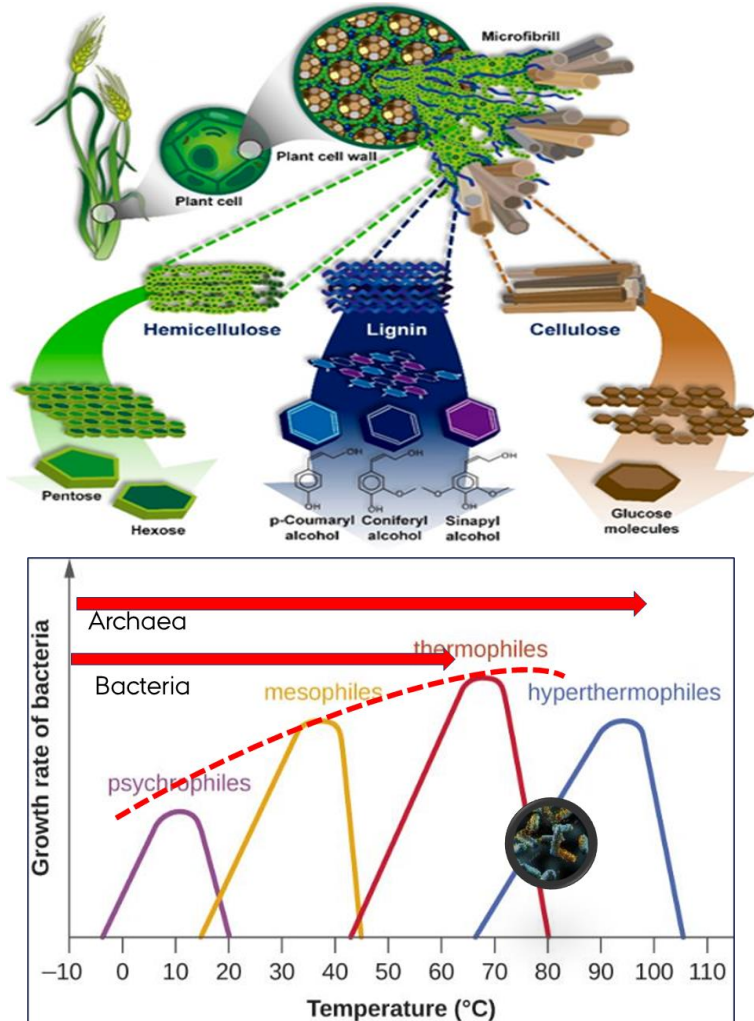
I et EUDP-finansieret projekt er Aarhus Universitet i fuld gang med at dokumentere og optimere teknologien med brikettering af halm til biogasanlæg. Det sker i samarbejde med BioFuelTechnology ApS og C. F. Nielsen, der er en af verdens førende producenter af briketpresere.

Brikettering giver mere gas



Figur 1. Tilførsel af fast biomasse og den tilhørende gasproduktion på anlægget ved forskningscenter Foulum.

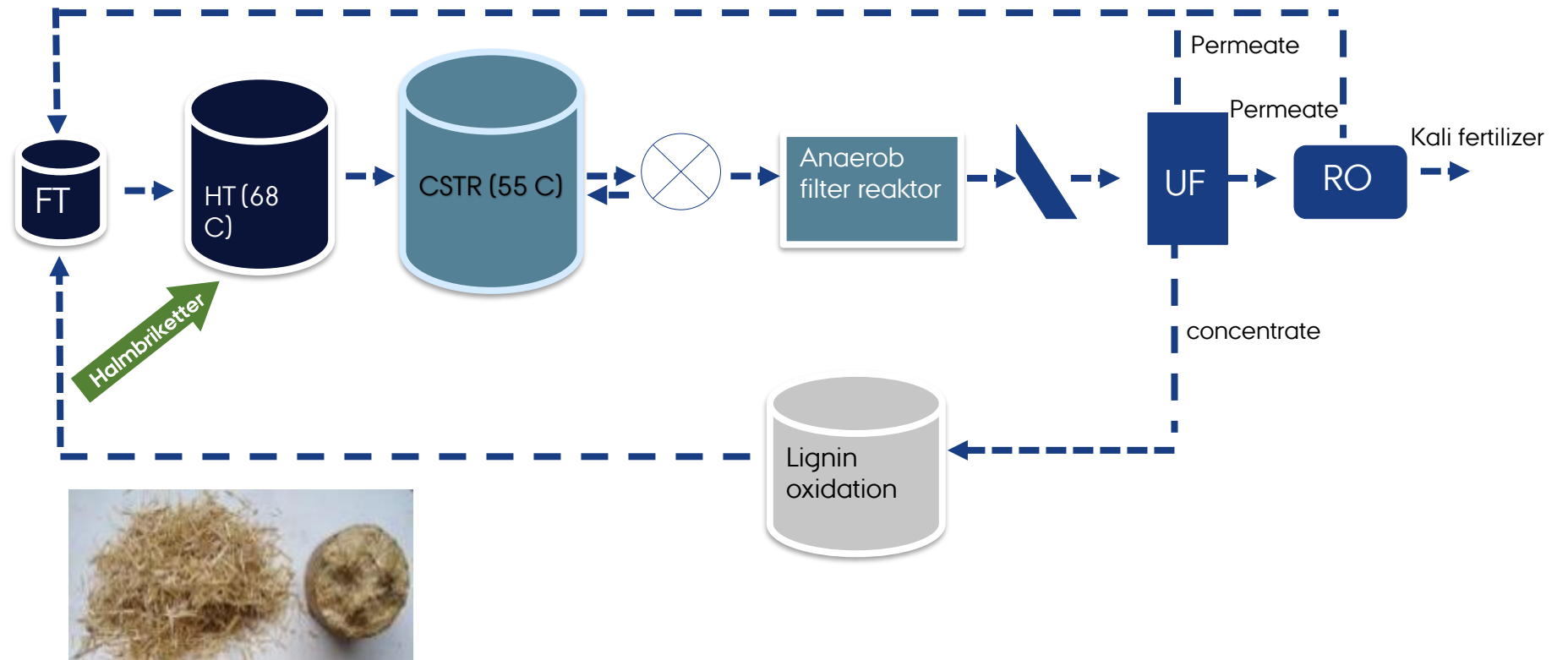
STRAW FOR BIOGAS



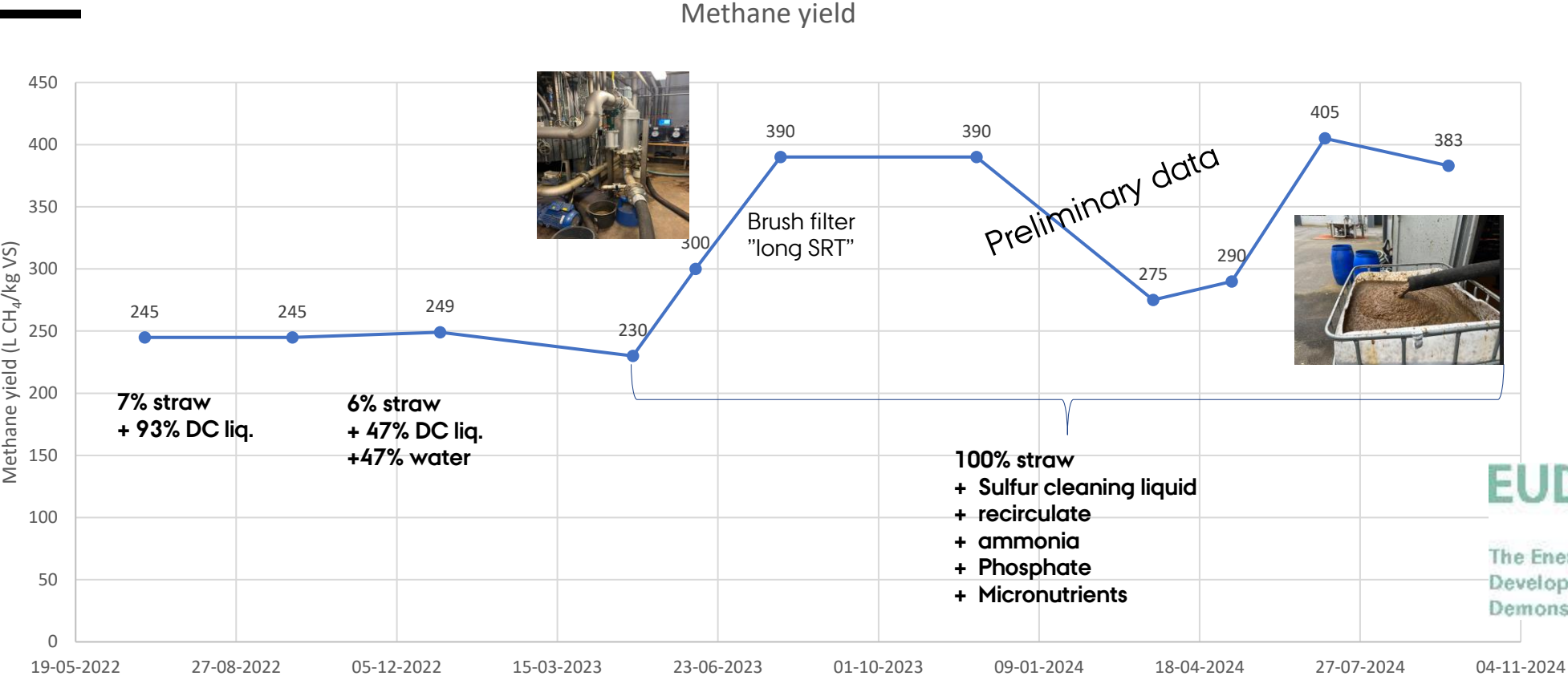
DEMONSTRATION OF A CELLULOSE BASED INDUSTRIAL BIOGAS PLANT

Aim:

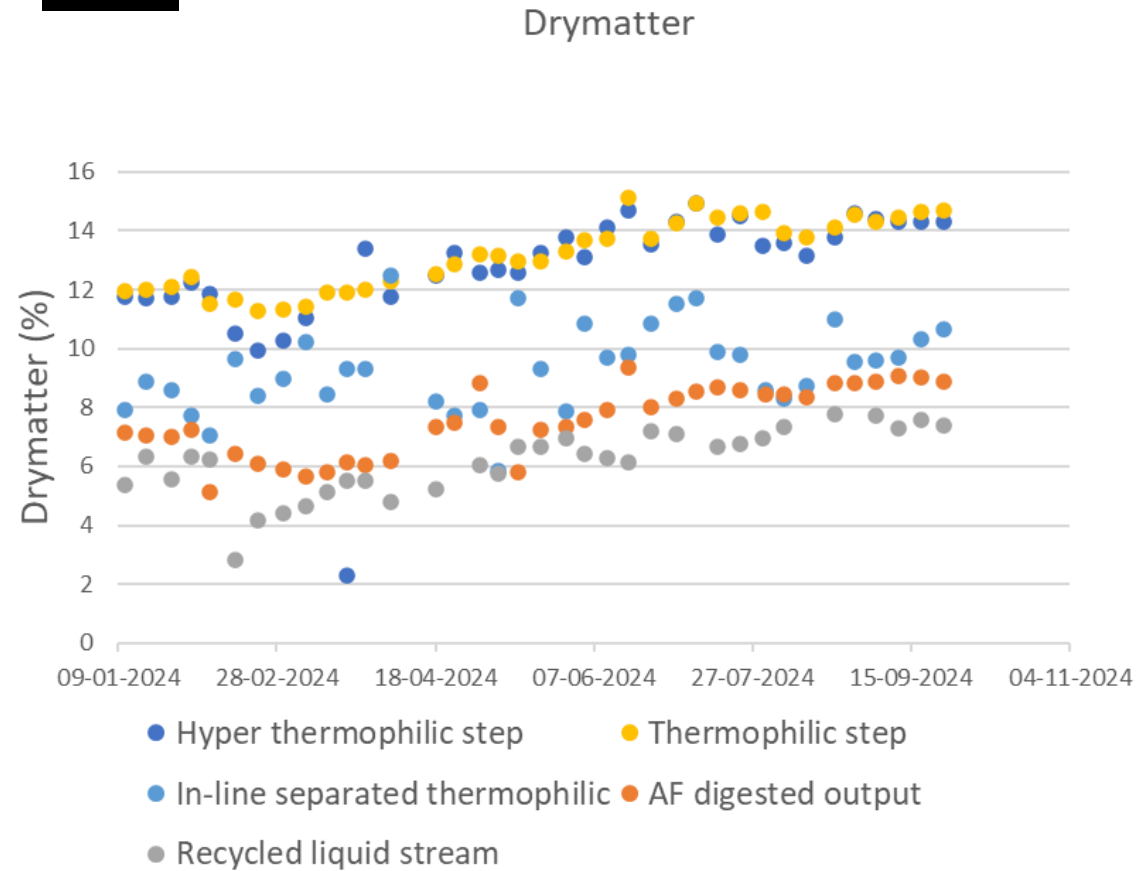
- Continuously single-feedstock (straw) biogasprocess with high yield ($>425 \text{ L CH}_4/\text{kg VS}$)
- High degree of recirculation of liquid (By UF, wetoxidation etc.)
- Sequencing of microbiology focusing on the hyper-thermophilic step.



NEW TECHNOLOGY – STRAW AS MONO SUBSTRATE



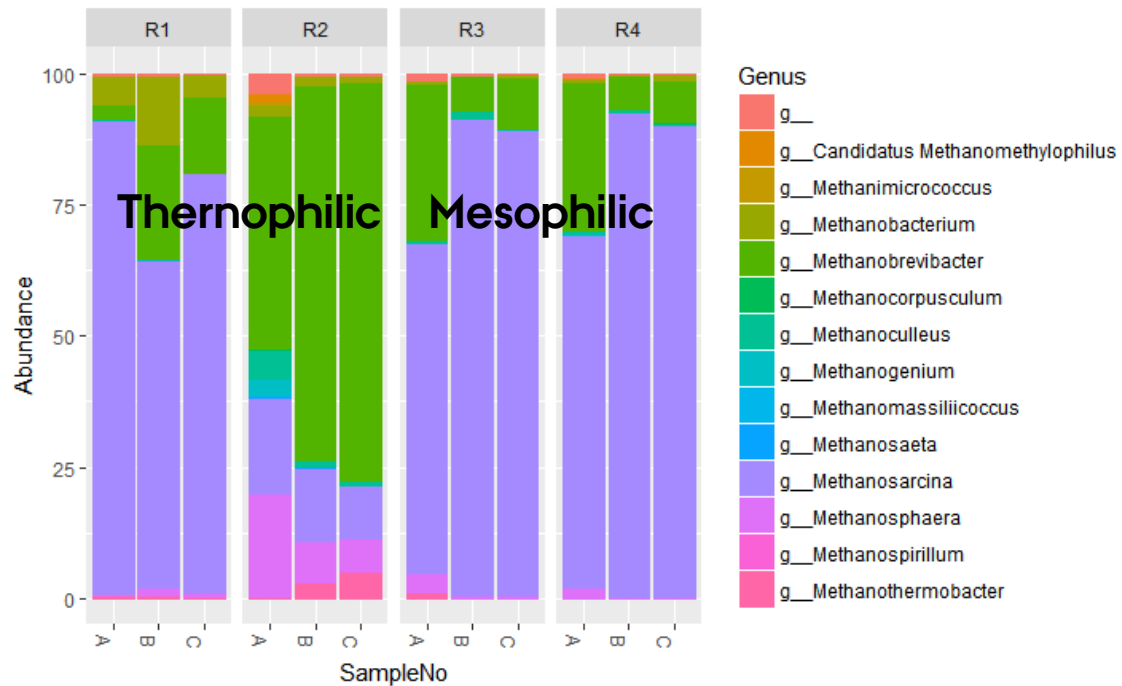
NEW TECHNOLOGY – STRAW AS MONO SUBSTRATE



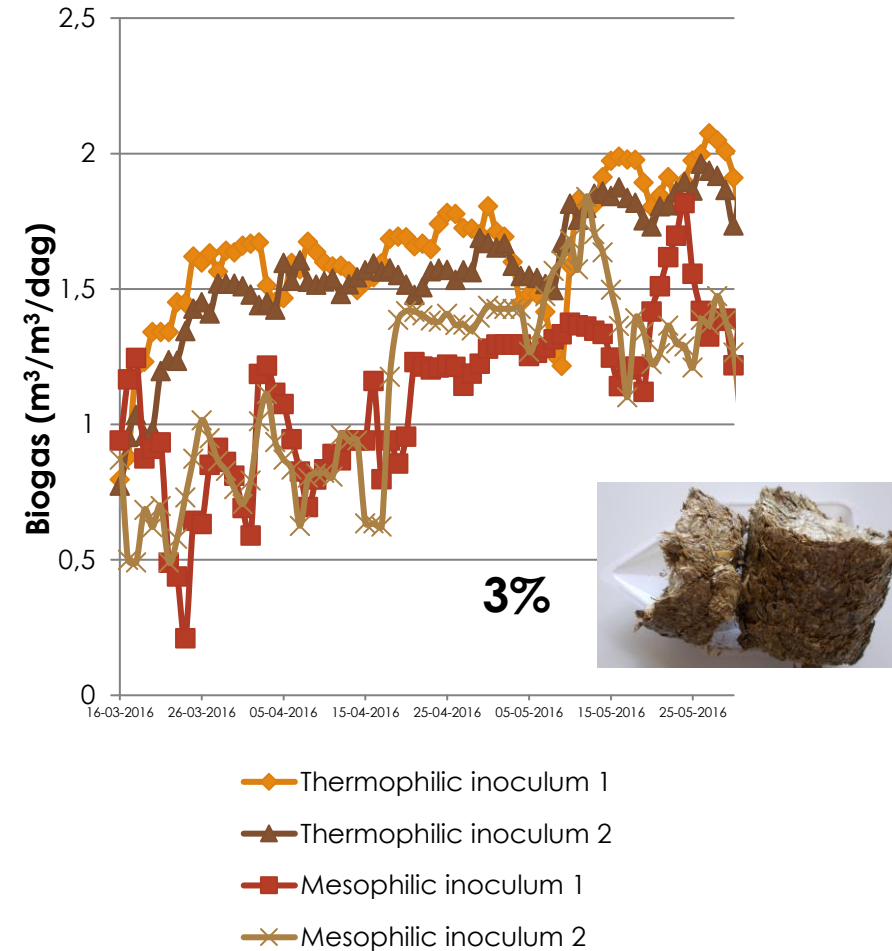
EUDP C
The Energy Technology
Development and
Demonstration Programme

FG AND NG AD PLANT FOR LIGNOCELLULOSIC BIOMASS

Different archaea can do the same work in terms of gas yield

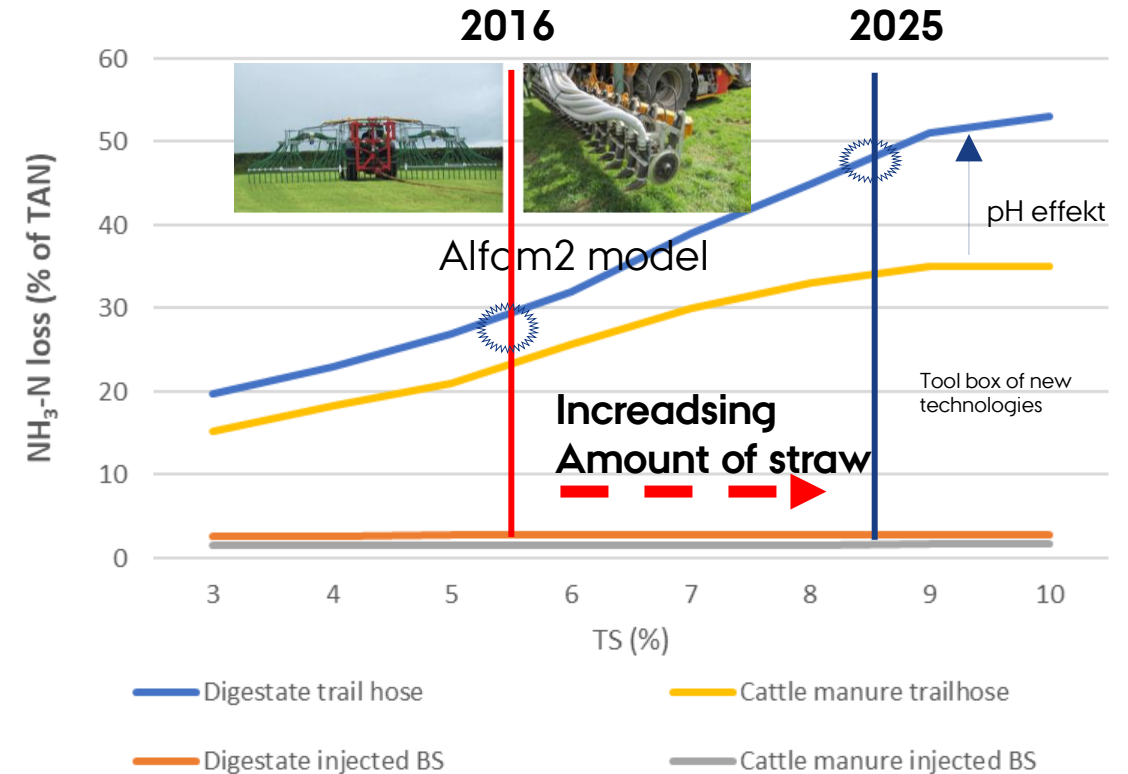
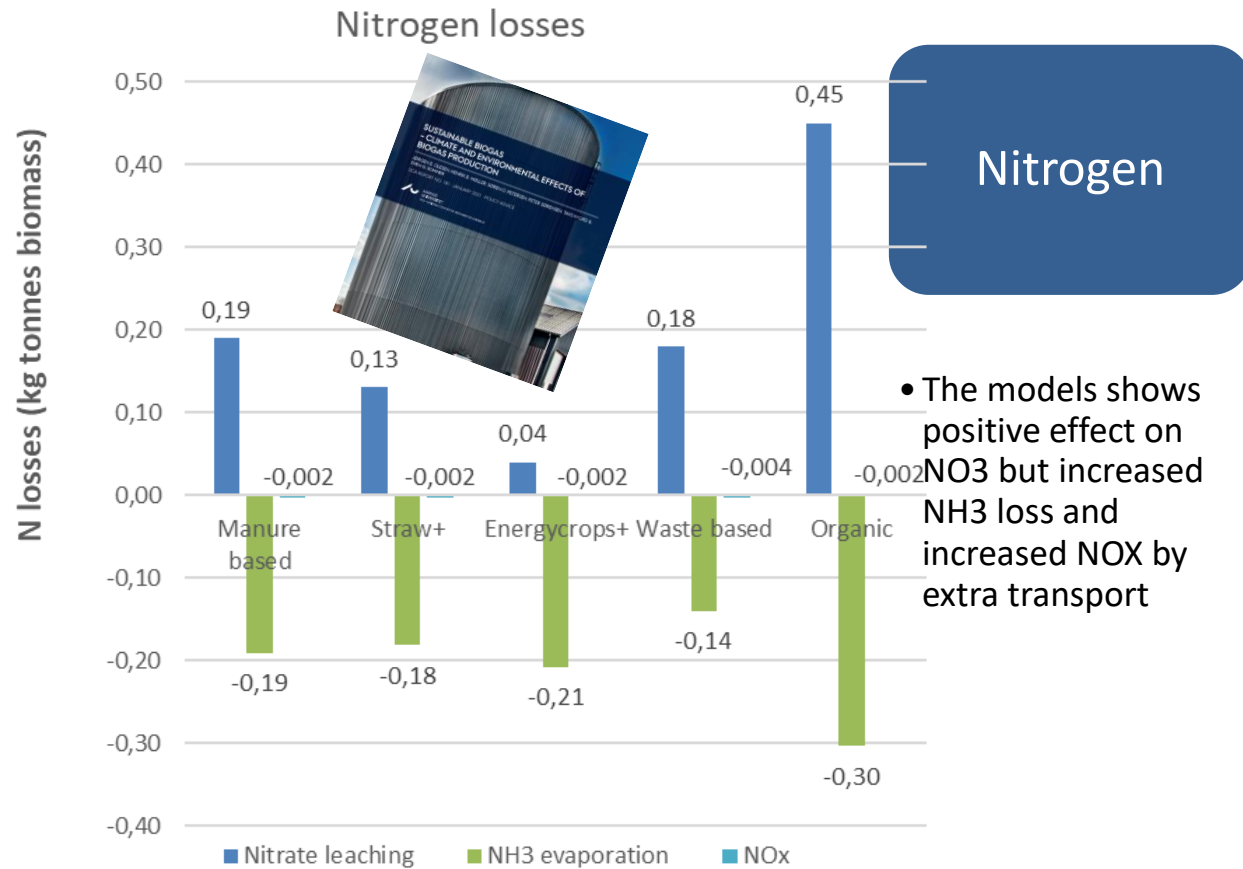


Co-digestion of CM with straw – impact of temperature and initial inoculum

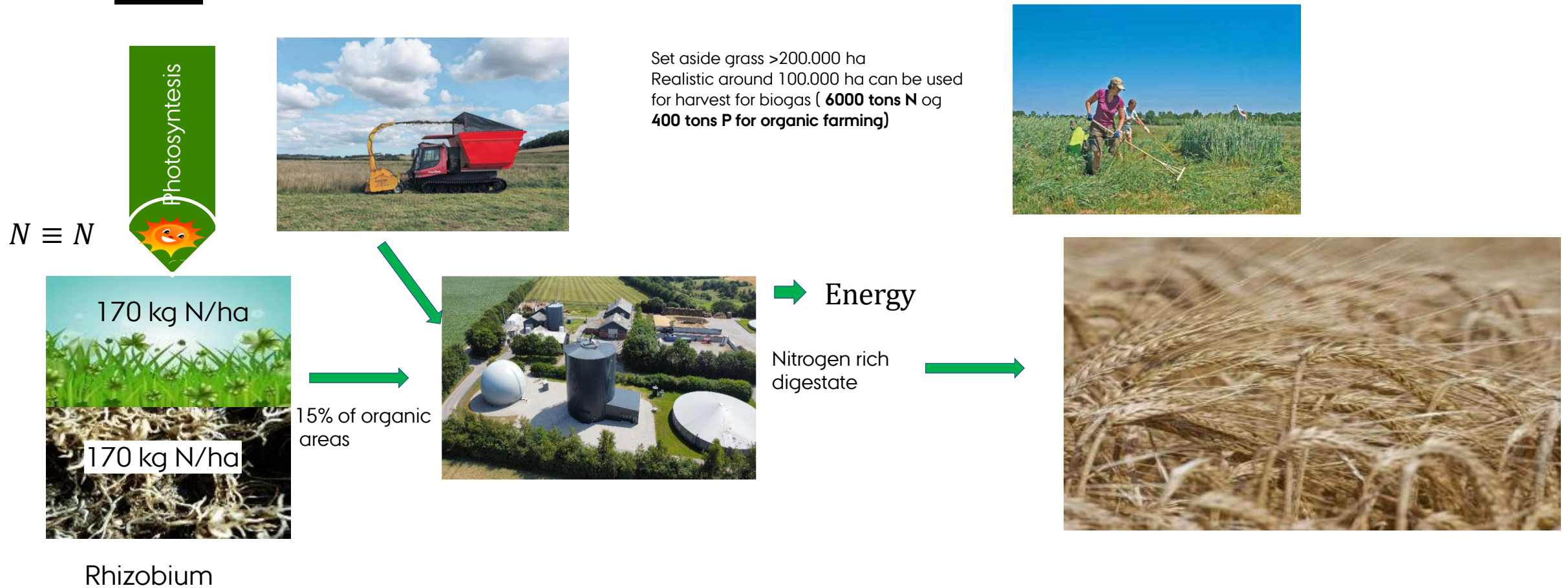


Hyper thermophilic
Methanothermobacter

STRAW AND NITROGEN – THE ACHILLES HEEL?



FROM CLOVERGRASS TO ENERGY

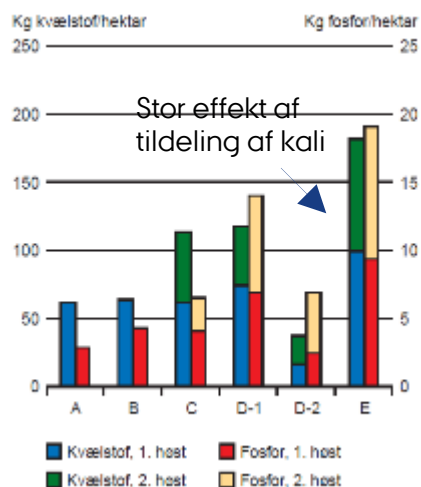


PERRENIAL GRASS FROM LOWLAND

Vedvarende græs fra lavbundsområder og arealer, der ikke anvendes til afgrøder.

>200.000 ha.

Realistisk skøn på kort sigt: 1 slæt og anvendelse af et areal på ca. 100.000 ha til høst af biomasse til biogasanlæg svarer til **6000 tons N** og **400 tons P**, der efterfølgende vil kunne udnyttes til gødning i økologisk brug



Stor effekt af tildeling af kali



Græs fra engarealer kan mere end fordoble produktionen af biogas, og energibesparelsen er markant bedre end ved traditionelle landbrugsafgrøder som majs og korn. Samtidig får man fjernet næringsstofferne fra de følsomme områder, og man undgår, at arealet ender med at blive til skov.

Af Henrik Bjarne Møller og Lisbeth Nielsen

Der er en stigende interesse for at anvende energigræs i biogasanlæg for på den måde at øge vækstfremfremtiden og sætte skub i gasproduktionen. Samtidigt er der et stigende antal med vedvarende græs, der ikke længere bliver afgræsset og som har behov for pleje, så områderne ikke ender med at blive til skov.

Hvis græsset bliver høstet jævligt, kan der fjernes betydelige mængder næringsstoffer fra miljøfølsomme områder, og der kan således opnås flere fordele ved at sammenstille naturpleje og energiproduktion. Der er imidlertid mange ubesvarede spørgsmål om økonomi, udbytte og en hensigtsmæssig driftsstrategi, hvilket er bag-

grunden for et projekt ved Aarhus Universitet med deltagelse af Danmarks Miljøundersøgelser, DTU-Roskilde, Brandstrup Consult og virksomheden Nallan.

Projektet har der blandt andet været gennemført en række praktiske forsøg på engarealer ved Føvingsø i 2006 og 2007, hvor følgende driftsstrategier blev undersøgt:

- A. Tidlig høst den 10. juni, hvorefter arealet blev afgræsset.
- B. Sen høst den 15. juli, hvorefter arealet blev afgræsset.
- C. Tidlig høst den 10. juni og høst igen den 25. august.
- D. Sen høst den 15. juli og høst igen den 15. september.
- E. Tidlig høst og tilførsel af kaliumvinasse, der er et biprodukt fra produktion af sprit og gær, og som er gødningsmiddel af plantedyrkning og økologisk produktion. Arealet fik tilført cirka 115 kg kalium/hektar og cirka 3 kg kvælstof/hektar.

Disse driftsstrategier er sammenlignet med parcellet, hvor græsset ikke er høstet, og parcellet, hvor området er afgræsset.

Biogasudbytte
Høststrategierne blev analyseret i små parcellet på 140-365 m², idet størrelsen afhæng af, om der var tale om ren høst, afgræsning eller en kombination af begge dele. I de strategier, hvor området blev afgræsset efter høst, udgjorde parcellet en del af et større afgræsningsareal.

Græsset fra de enkelte parcellet blev høstet, vejret og fjernet. Derefter blev der udlagt prøver for at bestemme biogasudbyttet og den kemiske sammensætning.

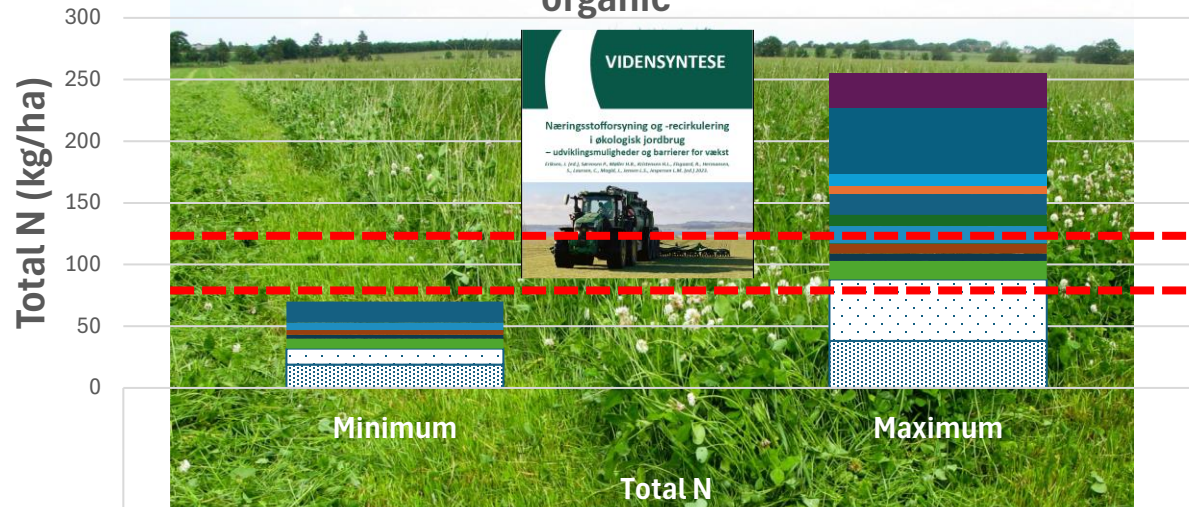
I figur 1 er det vist, hvor stor en procentdel af det teoretiske biogasudbytte, der kan opnås ved 90 dages udrydning i en forsyningstank, hvor biomassen afgives portionvis. Heraf fremgår det, at næsten alle strategierne giver et udbytte på over 50 procent. Generelt har der været en tendens til en lidt lavere omsætning af biomassen i 2007, og ved at udlagde første høst fra juni til juli blev omsætningen reduceret med mere end 30 procent.

Resultaterne skal blandt andet vurderes i forhold til, at majsensilage, der er høstet optimalt, i praksis giver et

DOUBLING OF ORGANIC FARMING



Total nitrogen (kg/ha) distributed on new 300.000 ha organic



- Conventional Livestock manure AD
- Conventional Livestock manure untreated
- Organic livestock manure
- Organic waste not recycled by AD today
- Organic waste already recycled by AD
- Garden waste
- Meat and bone meal etc
- Struvite
- Organic cover crop root N
- Organic cover crop for AD
- Organic clover grass root N
- Grass on 100.000 ha carbon rich soil
- Organic clovergrass top N harvested on 15% of area

107 kg available N

65 kg available N

Green Tripartite



"Vi skal have meget mere græs. Græs er jo undervurderet. Vi har egentlig gjort for lidt ud af det i Treparten. Vi skal tale meget mere om græs.

Græs er jo fantastisk. Det holder på næringen i jorden og dermed mindre kvælstofudledning.

Du kan bruge fibre til at producere tøj. Du kan trække protein ud, du kan bruge som erstatning for protein du importerer. Du kan bruge restprodukterne til at putte ned i dit biogasanlæg.

Der er nogle af arealerne ned til vores fjerde, hvor der i dag er landbrugsproduktion, der står og forurener med for meget kvælstof.

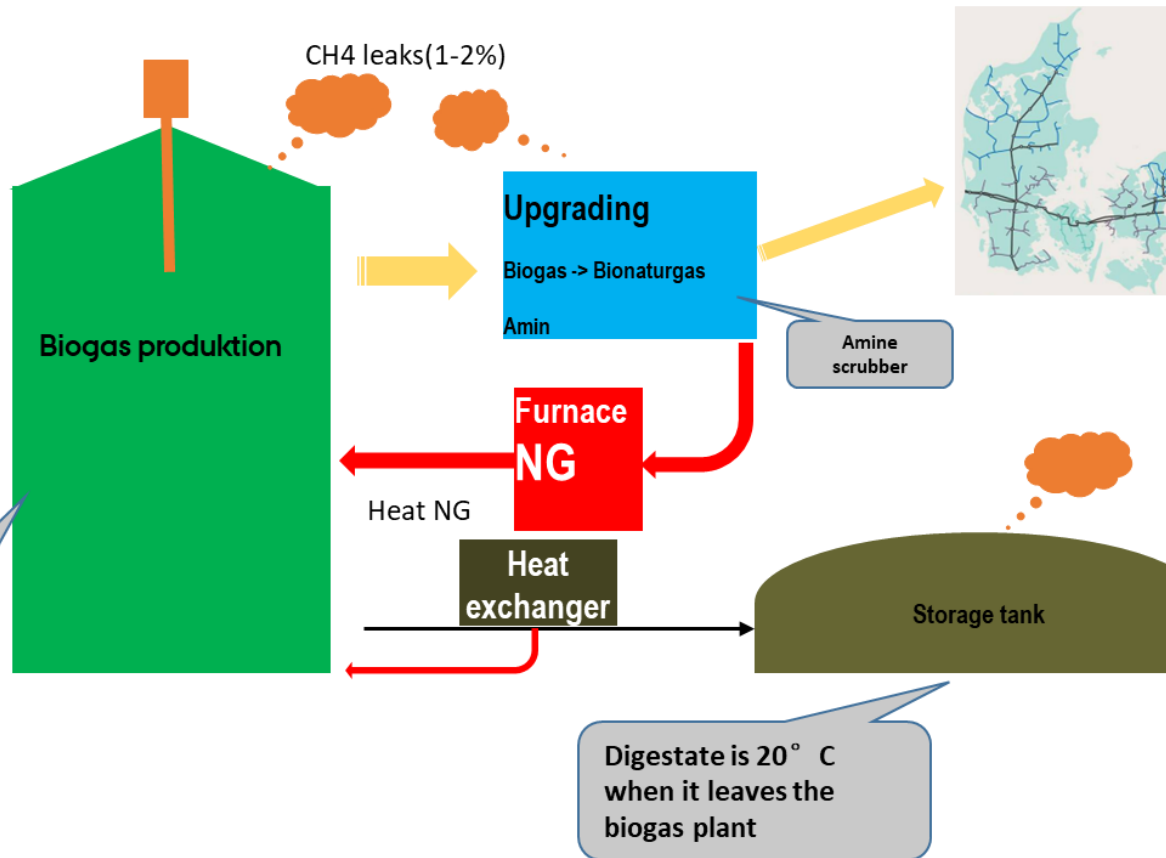
Det skal være græs."

SUSTAINABILITY OF BIOGAS



Transport Diesel
(2,7 kg CO₂/liter)

Electricity Energimix
(0,150 g CO₂/kwh)



45 days with thermophilic operation (49-55C). + increased retention times of 60 and 90 days. Serial connections of 2 digesters



Article

Agricultural Biogas Production—Climate and Environmental Impacts

Henrik B. Møller ^{1,*}, Peter Sørensen ², Jørgen E. Olesen ², Søren O. Petersen ², Tavs Nyord ³ and Sven G. Sommer ¹

¹ Department of Biological and Chemical Engineering, Aarhus University, Blichers Allé 20, 8830 Tjele, Denmark; sgs@bce.au.dk

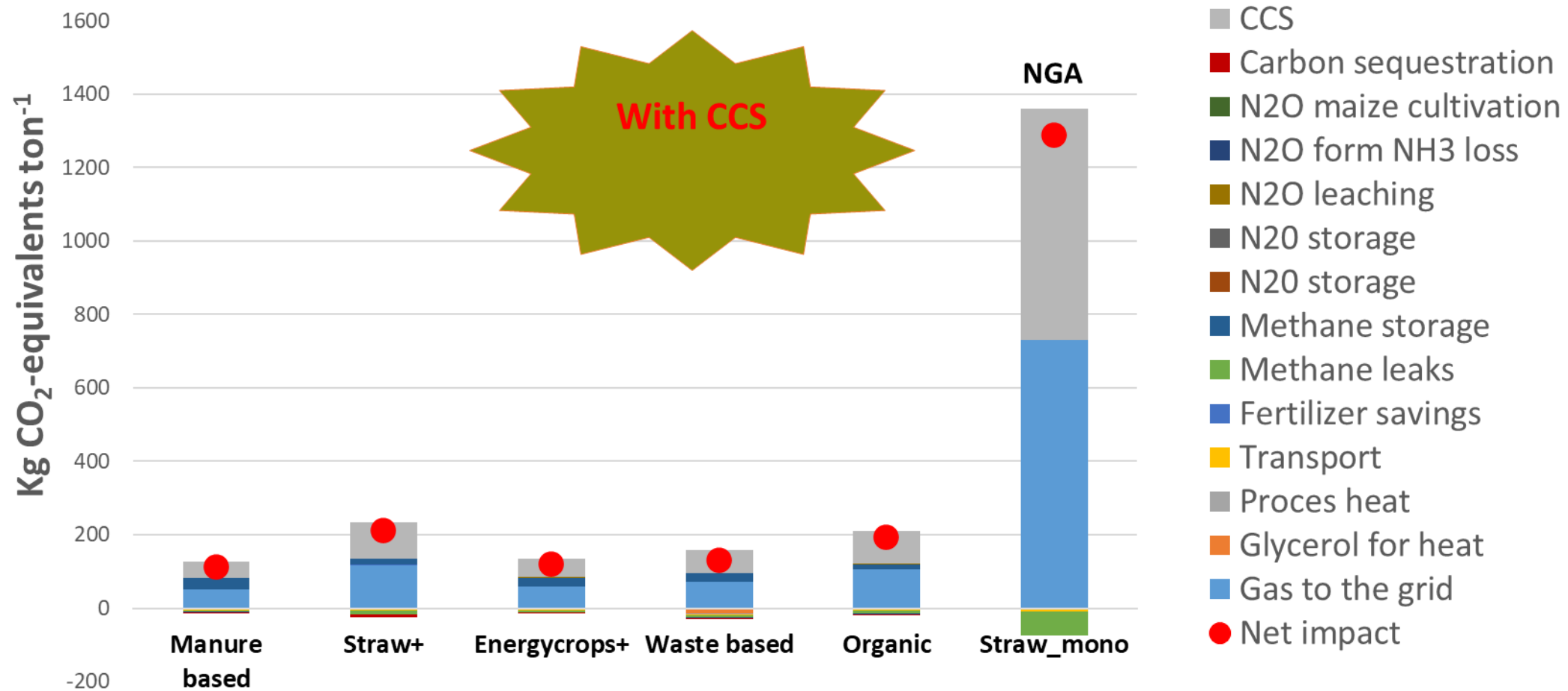
² Department of Agroecology, Aarhus University, Blichers Allé 20, 8830 Tjele, Denmark; ps@agro.au.dk (P.S.); je@agro.au.dk (J.E.O.); sop@agro.au.dk (S.O.P.)

³ Concito, Læderstræde 20, 1201 København, Denmark; tr@concito.dk

* Correspondence: henrikb.moller@bce.au.dk

Abstract: Livestock manure is a major source of the greenhouse gases (GHGs) methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O). The emissions can be mitigated by production of biogas through anaerobic digestion (AD) of manure, mostly together with other biowastes, which can substitute fossil energy and thereby reduce CO₂ emissions and postdigestion GHG emissions. This paper presents GHG balances for manure and biowaste management as affected by AD for five Danish biogas scenarios.

SUSTAINABILITY FOR FUTURE BIOGAS TECHNOLOGY



CONCLUSION

1. **Straw plays a major role in the further development of the Danish biogas sector and already today more than 20% of the gasyield comes from straw or straw rich byproducts. Less than half of the plants use straw today and most of the straw is used on few plants.**
2. **There is a huge potential to increase the energy yield from straw and today only 50-60% of the straw energy is converted to methane.**
3. **A new generation of straw plants is emerging with mono digestion of straw where a much higher energy yield can be achieved with a high GHG reduction.**
4. **The use of straw results in a fertilizer product with high risk of ammonia losses that need to be solved by new technology for future development.**
5. **There is a very high climate impact of biogas from straw that can be increased by CCS. The GHG mitigation can be almost doubled by CCS.**

THANKS FOR YOUR ATTENTION

