

# Rationel bjærgning og håndtering af halm og efterafgrøder til biogasproduktion



Kurt Hjort-Gregersen

Teknologisk Institut

December 2020

**midt**  
regionmidtjylland



## Indholdsfortegnelse

1. Indledning
2. Frøgræshalm
3. Græsudlæg og halm
4. Halm og olieræddike
5. Håndtering
6. Vejret drillede
7. Resultater
8. Diskussion
9. Konklusion

Bilag 1. Analyserapport. Biogaspotentiale halm, efterslæt og frøgræshalm

Bilag 2. Analyserapport. Biogaspotentiale halm og efterafgrøde

Bilag 3. Analyserapport. Biogaspotentiale af ensilage

Bilag 4. Samensilering af rughalm+olieræddike 2019



## 1. Indledning

Det går stærkt med etablering af nye biogasanlæg i Danmark i disse år. Ikke mindst muligheden for at afsætte biogassen via naturgasnettet efter 2012 satte skub i denne udvikling. Også fordi det nu, i modsætning til tidligere, blev lettere at få en god forretning i investeringerne. Der bliver bygget en del biogasfællesanlæg, men også et betydeligt antal relativt store gårdbiogasanlæg, ofte med flere landmænd i ejerkredsen. Især den sidste gruppe har en åbenlys interesse i at sikre forsyningen med biomasser ud af egne bedrifter, det være sig husdyrgødning og restbiomasser fra planteproduktionen. Et af formålene med nærværende projekt er netop at demonstrere hvordan der kan trækkes biomasse ud af den almindelige planteavl uden at kompromittere økonomien i denne. Nærmere bestemt er der tale om bjærgning og håndtering af halm og efterafgrøder, der sat i system, med det rette maskinel synes at udgøre et betydeligt potentiale for biogasproduktion i Danmark.

Hos landmand og anlægsejer Knud Christensen (KC), Viftrup Biogas ved Spjald i Vestjylland arbejdes der med bjærgning og ensilering af frøgræshalm, men ikke mindst af samtidig bjærgning af frøgræsudlæg og halm om efteråret til samensilering og anvendelse til biogasproduktion.

Kverneland Group, som er en dansk producent af bl.a. græsmarksudstyr, råder over en vifte af maskiner, der på forskellig måde kan bringes i anvendelse til disse formål, og som derfor skulle stå for en række forsøg på Fyn, hvor halm og efterafgrøden olieræddike skulle bjærges samtidig.

Endelig er der gennemført en økonomisk analyse til beskrivelse af den samlede værdikæde.

Projektet af støttet af Region Midtjyllands Bioøkonomiprogram og administreret af Inbiom.

## 2. Frøgræshalm

Efter høst af græsfrø henligger frøgræshalmen på skår indtil der kommer nogle regnvejrsdage, der evt. sætter frø- og kornhøst på pause. Halmen snittes med en finsnitter, som kendes fra bjærgning af forvejret græs, og hjemkøres i frakørselsvogne og læsses af på en ensilageplads ved biogasanlægget. Her lægges halmen ind i en silo og køres godt til med gummiged. Herefter plastoverdækkes halmen, som herefter ensilerer.

Der kan typisk bjærges 12 ton friskvægt pr. ha ifølge KC. Der blev taget en prøve ud til senere bestemmelse af tørstofindhold, som viste knap 38 % tørstof (TS). Der bjærges dermed ca. 4,5 ton TS/ha i frøgræshalm.

## 3. Græsudlæg og halm

Græsudlæg udsås typisk i en vårbygmark med henblik på at høste græsfrø året efter. Det kan dog også udsås af hensyn til krav om efterafgrøder, men også for at kunne høste efterafgrøden sammen med byghalmen til biogasproduktion. Afhængig af vejret i vækstsæsonen kan græsudlægget være mere eller mindre kraftigt når kornet høstes. KC høster med så høj stub som muligt, da han ikke er interesseret i at bjærge halmen i traditionel forstand, men derimod bjærge det sammen med græsudlægget. Et stykke hen i efteråret, afhængigt af vejret, skårlægges græsudlæg og den høje stub med en Kverneland butterfly skårlægger, der via et båndsystem kan lægge afgrøden ind i en streng. På forsidebilledet ses det kraftige græsudlæg, men også tydeligt de høje stubbe som kommer med.



Figur 1: Kverneland butterflyskårlægger set forfra under skårlægning

Kilde: Kurt Hjort-Gregersen, Teknologisk Institut



Figur 2: Kverneland butterflyskårlægger med bånd set bagfra.

Kilde: Kverneland Group

Efter finsnitningen hjemkøres afgrøden med frakørselsvogne, læsses af på ensilagepladsen, hvor den lægges ind i en silo, køres til og overdækkes.



Figur 3: Finsnitner og frakørselsvogn

Kilde: Kurt Hjort-Gregersen, Teknologisk Institut

KC bjærger halm, halmstub og græsudlæg fra en række marker, hvorfor udbyttet kan variere ret betydeligt. Det beror naturligvis også på om græsudlægget har fået lidt gødning. På baggrund af høsten 2019 blev der oplyst udbytter varierende mellem 12,6 og 24,5 ton friskvægt/ha. De udtagne prøver til bestemmelse af tørstofindhold viste et tørstofindhold på 12,6 %. Eftersom biomassen indeholder en del halm, synes dette at være et ret lavt tørstofindhold, som må tilskrives det ekstremt våde vejr i 2019, og den sene høst. Men det betyder at der i 2019 er bjærget omkring 2,4 ton TS pr. ha, hvilket er overraskende lavt i betragtning af at der fra en vårbygmark med udlæg almindeligvis kan bjærge ca. 3,5 ton halm og fx rajgræs som efterafgrøde kan yde ca. 1 ton TS pr. ha. Forklaringen på dette er nok primært at halmen ikke lægges på skår, men spredes ud for at give græsudlægget de bedste betingelser. Det betyder at de mindre halmdele, stak og avner falder igennem stub og græs, og dermed lander på jorden, hvorimod en del af de længere strådele kan blive hængene oppe i stubbe ovenpå græsset, og dermed komme med når der senere skårlægges. Eftersom der blev skårlagt og bjærget meget sent i 2019, har svampe og bakterier formentlig gjort et vist indhug i den lettest omsættelige del af halmen. Dette understøttes af at KC har oplyst at der tilsyneladende var mindre gas i 2019 høsten end der plejer.



**Figur 4: Finsnippet og hjemkørt halm og efterslæt**

**Kilde: Kurt Hjort-Gregersen, Teknologisk Institut**

#### **4. Halm og olieræddike.**

Her var ideen at lade halmen fra kornhøsten ligge på skåret indtil olieræddikeafgrøden havde udført sin opgave med at optage resterende kvælstof efter høsten af kornafgrøden.



**Figur 5: Flot efterafgrøde i december 2019 på Fyn**

**Kilde: Kurt Hjort-Gregersen, Teknologisk Institut**

Her var ideen så i én arbejdsgang at skårlægge afgrøden, men samtidig køre halmstengen igennem skårlæggeren så halm og efterafgrøde via butterfly skårlæggerens båndsystem at lægge blandingen ind i en streng for efterfølgende bjærgning. Dette kunne ske ved enten Kverneland Groups rundballepresser med snitter og wrap eller med en opsamlervogn med snitter.



**Figur 6: Kverneland rundballepresser med wrap**

**Kilde: Kverneland Group**

## 5. Håndtering

Som beskrevet anvender KC en finsnitter og frakørselsvogne til at bjærge og hjemkøre biomasserne. Det er uden diskussion også det mest rationelle, og mest rentable, når vi taler om kortere afstande. Det er åbenlyst, at transportafstanden betyder meget for omkostningerne. Hvis afstand mellem mark og ensilageplads er 1 km, vil opgaven kunne klares med to vogne. Men hvis afstanden er 7-8 km, skal der 5 vogne til, hvilket i sagens natur mere end fordobler transportomkostningerne. Over længere afstande kunne det måske komme på tale at presse biomassen i big, minibig eller rundballer, som efterfølgende wrappes eller plastoverdækkes.



**Figur 7: Bigballepresser**

**Kilde: Massey Ferguson.dk**

Derfor blev der i projektet også arbejdet med dette. Hos KC blev der i 2019 bjærget 60 minibigballe, hvoraf 20 blev wrappet, 20 tæt overdækket med plastik, og 20 henstod udækkede. Endelig var det som nævnt planen også at arbejde med rundballe med og uden wrap i forsøgene på Fyn. Ideen med forsøget med de plast overdækkede baller var at undersøge, hvorvidt der derved kunne opnås en tilfredsstillende ensilering, hvorved omkostningen til wrapning måske kunne undgås. Mere herom senere.



**Figur 8: Wrappet minibigballe efter åbning**

**Kilde: Kurt Hjort-Gregersen, Teknologisk Institut**





**Figur 9: Overdækket minibigballe efter afdækning**

**Kilde: Kurt Hjort-Gregersen, Teknologisk Institut**

## 6. Vejret drillede

I grunden er det paradoksalt, at projektet, der omhandlede aktiviteter, der skal reducere drivhusgasemissionen, i den grad blev påvirket af ekstremt vejr i de to år hvor aktiviteterne skulle foregå. I 2018 oplevedes den tørreste sommer i mands minde og i 2019 den vådeste sommer og efterår i mange år. Tørken bevirkede at græsudlægget ikke udviklede sig optimalt, og der var alt for lidt at bjærge til at vi kunne få udbytte af resultaterne. Det blev derfor aftalt at udsætte aktiviteterne til 2019, hvor det til gengæld blev så vådt, at det var vanskeligt at få bjærget biomassen i Vestjylland, og at det slet ikke lod sig gøre på Fyn. Det blev derfor besluttet at iværksætte en plan B, hvor der manuelt blev indsamlet olieræddike og halm, som blev ensileret hver for sig og i blanding i vakuumposer for senere biogaspotentialbestemmelse.



**Figur 10: blanding af halm og efterafgrøde**

**Kilde: Søren Ugilt Larsen, Teknologisk Institut**

Det betød så samtidig, at vi ikke har registrering af hektarudbytter, men må støtte os til tidligere opgørelser.

## 7. Resultater

### Frøgræshalm samt halm og græsudlæg

Der blev udtaget prøver af frøgræshalm samt blandingerne inden ensilering. Disse prøver blev nedfrosset til brug som ikke-ensileret reference i gaspotentialebestemmelserne. Senere blev der udtaget prøver af de forskellige ensilager, ligeledes til gaspotentialebestemmelse hos Teknologisk Institut. Viftrup Maskinstation ved Kasper Christensen havde fine registreringer af udbytter og bjærgningsomkostninger pr. ha hos KC. På den baggrund er omkostningerne til bjærgning og håndtering af biomassen beregnet baseret på helt konkrete tal for høsten 2019. Omkostningerne sammenholdes med værdien af biomassen baseret på de fundne gaspotentialer. Når teksten i tabellerne lyder halm og græsudlæg er der tale om denne blanding i stak, og det er ligeledes halm og græsudlæg der blev presset i minibigballer. Udbyttet pr. ha er forudsat ens i disse tilfælde.

I tabel 1 vises variationen i høstudbytter opnået i 2019



Tabel 1. høstudbytter, ton friskvægt pr. ha.

	ton/ha	ton/ha	ton/ha
	lavt udnytte	medium udbytte	højt udbytte
Frøgræshalm		12	
Halm og græsudlæg	12.6	18.8	24.5

Udbytter af halm og græsudlæg har varieret ret betydeligt afhængigt af hvilke marker der er bjærget fra.

Der blev som nævnt udtaget prøver af de friske materialer til tørstofbestemmelse og gaspotentialebestemmelse.

I tabel 2 vises tørstofindholdet i procent i de friske materialer og et beregnet tørstofudbytte pr. ha på basis af tørstofprocenten.

Tabel 2. Tørstofprocent i friske materialer og tørstofudbytte pr. ha ved medium udbytte

	Tørstof i frisk	TS ton/ha
	%	Medium udbytte
Frøgræshalm	37.7	4.5
Halm og græsudlæg	12.6	2.4

På basis af biogaspotentialebestemmelserne er værdien af biomassen beregnet. Normalt udtrykker man gasudbyttet pr. g, kg eller ton organisk indhold. Det organiske indhold findes ved at biomassen vejes, og først tørres, siden foraskes i en laboratorieovn. I forhold til ensileret materiale rummer denne metode det problem, at der under ensileringen dannes flygtige organiske forbindelser, der damper af allerede under tørringen, hvorved det fundne tørstofindhold risikerer at blive undervurderet. Derfor må man beregningsmæssigt korrigere resultaterne i forhold til tørstofindholdet i de friske eller frosne prøver, eller udtrykke gaspotentialet i forhold til fx ton råvare eller her, ensilage. Det sidste er valgt i denne undersøgelse.

Tabel 3 viser de fundne gasudbytter fra Viftrup og den beregnede værdi af ensilagen ved anvendelse af en pris på 6 kr pr. Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>.

Tabel 3. Metanudbytter pr. ton ensilage og værdi pr. ton ensilage.

	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	Gasværdi
	/ton ensilage	kr/ton ensilage
Frøgræshalm	64	384
Halm og græsudlæg	42	252
Wrappede baller	46	276
Overdækkede baller	41	246
Udækkede baller	15	90

Tabellen viser at ensilagen af frøgræshalm giver højest udbytte og dermed højest værdi. Den viser også at de wrappede baller giver lidt højere udbytte end ensilagen fra stak og plastoverdækkede baller. Men den mest interessante information fra tabellen er den, at de baller der var tæt overdækkede, er næsten lige så gode som ensilagen fra stak, men dog knap så gode som de wrappede baller. De udækkede baller derimod faldt helt igennem i resultaterne. Det skyldes at de på prøveudtagningstidspunktet var ved at rådne, hvorved en stor del af det organiske indhold allerede var omsat. Effekten af ensileringen kan beregnes til et merudbytte i ensilagen på 17 % i forhold til friskt frossent materiale.

En anden måde at udtrykke værdien på kunne være pr. ha. En sådan beregning er gennemført i tabel 4.

Tabel 4. Beregnet gasværdi i kr. pr. ha.

	Værdi/ha	Værdi/ha	Værdi/ha
	lavt udnytte	medium udbytte	højt udbytte
Frøgræshalm	3840	4608	5376
Halm og græsudlæg	3175	4738	6174
Wrappede baller	3478	5189	6762
Overdækkede baller	3100	4625	6027
Udækkede baller	1134	1692	2205

Disse beregninger viser, at der kan hentes værdier for mellem 4.500 og 5.000 ved medium høstudbytte, og lavere hhv. højere ved lavere eller højere udbytter. Se i øvrigt de fundne høstudbytter i Tabel 1.

Spørgsmålet er så hvad det koster at bjærge biomasserne.

Dette er beregnet ud fra oplysninger om omkostninger pr. hektar for de forskellige arbejdsoperationer. Det er i beregningerne forudsat at der gødskes lidt for at få gang i efterafgrøden. Hjemkørsel af baller er baseret på de konkrete tal, hvorimod omkostningerne til at stakke ballerne ved anlægget er skønnet, eftersom der ikke foreligger tal herfor. Der er desuden taget højde for den ekstra håndtering der skal til før indfødning i anlægget, hvor KC har skønnet at det vil tage 4 minutter pr. balle at tage plastik og snore af, hvilket er



indregnet i nedenstående med en timepris på 300 kr. Ved ikke wrappede baller, hvor der ikke skal tages plastik af, er det sat til 2 min.

Tabel 5. Omkostninger til bjærgning og håndtering af biomasserne, kr/ha.

	Gødskning	Skårlægning	Snitning	Presning	Wrapning	hjemkørsel	stakkørsel	Ekstra hånd	Omk/ha
	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha 4 km	kr/ha	tering kr/ha	kr/ha
Frøgræshalm	0	0	300	0	0	500	150	0	950
Halm og græsudlæg	450	220	300	0	0	500	150	0	1620
Wrappede baller	450	220	0	844	894	317	400	400	3525
Overdækkede baller	450	220	0	844	0	317	400	200	2431
Udækkede baller	450	220	0	844	0	317	400	200	2431

Frøgræshalm kan således bjærges for knap 1000 kr. pr. ha, hvor græsudlæg og halm for godt 1.600 kr/ha. Noget dyrere er naturligvis bjærgning af baller, især wrappede baller, der koster godt 3.500 kr/ha. Eftersom ballerne ikke blev vejlet, er det skønnet at de vejer ca. 1 ton.

Det økonomiske overskud pr. ha er vist i Tabel 6

Tabel 6. resultat pr. ha.

	Resultat/ha	Resultat/ha	Resultat/ha
	lavt udnytte	medium udbytte	højt udbytte
Frøgræshalm	2890	3658	4426
Halm og græsudlæg	1555	3118	4554
Wrappede baller	-47	499	2308
Overdækkede baller	669	1628	3596
Udækkede baller	-1297	-1305	-226

Det fremgår af tabellen at den mest rationelle måde at bjærge og håndtere ensilagen på er den som KC anvender, altså skårlægning, snitning, hjemkørsel med frakørselsvogne og indlægning i stak. Udækkede baller betaler sig ikke, selv ved højeste udbytte.

Hvis overskuddet i stedet udtrykkes pr. ton ensilage ser regnestykket ud som i Tabel 7.

Tabel 7. Resultat pr. ton.

	Resultat/ton	Resultat/ton	Resultat/ton
	lavt udnytte	medium udbytte	højt udbytte
Frøgræshalm	289	305	316
Halm og græsudlæg	123	166	186
Wrappede baller	-4	27	94
Overdækkede baller	53	87	147
Udækkede baller	-103	-69	-9



Et af de spørgsmål man kan stille sig, er hvor stor en del af biomassen, der udgøres af halm hhv. græsudlæg. Der blev derfor udtaget en god klump frisk blanding som så møjsommeligt blev sorteret halm og græs hver for sig. Eftersom der kun blev sorteret 1 prøve og det kan være svært at skelne græs og halmdele, der er godt blandet sammen, er der naturligvis betydelig usikkerhed om resultatet. Men de er som vist i tabel 8

Tabel 8. Andel halm og græs i prøven.

Indhold	% af vådvægt	% af tørvægt	TS %	VS % af TS
Græs	54,6	47,6	16,5	84
Halm	45,4	52,4	21,8	92

I våd vægt udgør græsset ca. 55 % og halmen ca. 45 %. Omvendt viser det sig når andelen af tørstof beregnes at halmen tegner sig for godt halvdelen. Tør man tro denne lidt simple undersøgelse vil det betyde at der ved denne metode bjærges ca. 1,3 ton halm pr. ha.

Som noget nyt prøvede Knud Christensen i 2020 at bjærge halm og efterafgrøder i to omgange, for at se hvordan denne praksis ville påvirke resultaterne. Der blev derfor taget et slæt af høj stub og græsudlæg d. 21. august, som blev hjemkørt og lagt i stak. Herefter fik markerne lidt gylle, og 2. slæt blev taget d. 10. oktober. Der blev udtaget ensilageprøver af stakken med første slæt, som derefter blev sendt til methanpotentialebestemmelse. Det kunne ikke nås med 2. slæt da det lå for tæt på projektets afslutning, men der foreligger oplysninger om udbytter og omkostninger. Derfor er der gennemført økonomiberegninger svarende til de ovenfor viste, med den forskel, at tallene for 2. slæt er baseret på tabelværdier for tørstofindhold og gaspotentiale.

Tabel 9. høstudbytter i 2019 hhv.2020

	ton/ha	ton/ha
	2019	2020
Halm og græsudlæg	18,8	20,6

Det fremgår af tabel 9, at der blev høstet lidt mere i 2020 i de to slæt end i det ene slæt i 2019. Stigningen svarer til knap 10 %. Forskellen kan skyldes årsvariation, men også at der i 2019 blev høstet meget sent, hvorved en del af, især halmen, kan være gået tabt.

Tabel 10. Tørstofindhold og tørstofudbytte pr. ha i 2020

	Tørstof i frisk	TS ton/ha
	%	
Halm og græs, samlet	20	4,1

Hvis man til gengæld sammenligner tørstofudbyttet, er det markant højere i 2020 (se tabel 2)



Der blev gennemført methanpotentialebestemmelse af 4 prøver fra 1. slæt. Af tidsmæssige årsager blev testene stoppet efter 40 dage, hvor prøverne viste et gennemsnitligt gasudbytte på 246 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> pr. ton organisk tørstof. Viftrup biogas fungerer imidlertid med 60 dages opholdstid og gasudbyttet kan derfor i praksis blive lidt højere end det målte. For 2. slæt er der anvendt en tabelværdi som forudsætning for gasudbyttet svarende til 300 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> pr. ton organisk tørstof. På den baggrund er det beregnet, at det gennemsnitlige gasudbytte er 263 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> pr. ton organisk tørstof i 2020 høsten

Tabel 11. Gaspotentiale og gasværdi pr. ton ensilage i 2020

	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	Gasværdi
	/ton ensilage	kr/ton ensilage
Halm og græsudlæg	49	294

Når gaspotentiale og værdi ganges med udbyttet pr. ha fås en værdi pr. ha som vist i tabel 12

Tabel 12. Gasværdi pr. ha i 2020

	Værdi/ha
Halm og græsudlæg	6056

Omkostninger til bjærgning og indlægning i stak er de faktiske tal oplyst af Kasper Christensen.

Tabel 13. Omkostninger til bjærgning og indlægning i 2020

	Gødskning	Skårlægning	Snitning	hjemkørsel	stakkørsel	Omk/ha
	kr/ha	kr/ha	kr/ha	kr/ha 4 km	kr/ha	kr/ha
Halm og græsudlæg	421	450	611	658	219	2359

Ved sammenligning med tabel 5 vil det fremgå, at der i sagens natur er flere omkostninger forbundet med at tage 2 slæt i stedet for en. Forskellen udgør ca. 45 % og skal i givet fald opvejes af det højere tørstofudbytte, hvilket faktisk synes at være tilfældet, idet resultat pr. ha og pr. ton ensilage, som det fremgår af tabel 14 og 15, er højere i 2020 end i 2019

I tabel 14 er det samlede resultat udtrykt pr. ha vis for både 2019 og 2020

Tabel 14. Resultat pr. ha.

kr/ha	Resultat/ha	Resultat/ha
	2019	2020
Halm og græsudlæg	3118	3697



Tabel 15. Resultat pr. ton ensilage.

	Resultat/ton	Resultat/ton
	2019	2020
Halm og græsudlæg	166	179

### Halm og olieræddike

Som nævnt lykkedes det ikke at bjærge halm og olieræddike på Fyn hverken i 2018 eller 2019. Vi har analyserne af ensilagen i vakuumposer fra laboratoriet, men vi er på herrens mark når det drejer sig om udbytter pr. ha og tørstofindhold i afgrøden. Teknologisk Institut – AgroTech har tidligere undersøgt udbytter ved bjærgning af halm og efterafgrøder, herunder olieræddike, efter ribbehøst hhv. mejetærskning. [1]

Heri blev der fundet udbytter af olieræddike på mellem 0,3 og 0,8 ton TS pr. ha, og at der samlet kunne bjærges 3,5 ton TS efter ribbehøst, når olieræddiken var gødsket en smule. Tages resultaterne fra tabel 6 i betragtning synes olieræddike at udgøre en noget mindre del af den samlede mængde end græsset ved KCs metode.

KC ribbehøster ikke sit korn, men afsætter så høj stub som muligt for at der skal være mest muligt stub at bjærge, men noget tyder altså på, at han bjærger mindre halm end hvis kornet havde været ribbehøstet. Det kan selvfølgelig også have med strå længden at gøre, men ribbehøst tillader længere strå at blive stående. I de følgende beregninger er derfor anvendt samme udbytter i ton råvare pr. ha for halm og olieræddike som ovenfor for halm og græsudlæg.

Med hensyn til de forudsatte udbytter pr. ha anvendes således de samme tal som er vist i tabel 1 for halm og græsudlæg.

Tørstofindholdet er målt i de udtagne prøver, hvor olieræddike og halm blev blandet i forholdet 3:1 målt som friskvægt. Halmen blev taget fra rundballer, som nok var våde, men ikke gennemblødte. Derfor det højere TS-indhold end i KCs halm og græsudlæg, der blev hentet i marken.

Tabel 16. Tørstofindhold i prøver med halm og olieræddike

	Tørstof i frisk	Tørstof i ensilage
	%	%
Halm og olieræddike	18	16.9

Det målte gasudbytte fra blandingsensilagen vises i tabel 17.





Tabel 17. Gasudbytte pr. ton og gasværdi pr. ton

	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	Gasværdi
	/ton ensilage	kr/ton ensilage
Halm og olieræddike	45.5	273

I disse forsøg blev der desuden konstateret et 24 % højere gasudbytte fra de ensilerede prøver end fra de friskt frosne prøver.

Tabel 18. gasværdien af det bjærgede materiale

	Værdi/ha	Værdi/ha	Værdi/ha
	lavt udnytte	medium udbytte	højt udbytte
Halm og olieræddike	3440	5132	6689

Værdien af den bjærgede biomasse pr. ha afhænger i sagens natur af det udbytte man formår at bjærge. Desuden er methanudbyttet pr. ton en smule højere end for de fleste halm og græsvarianter i tabel 3.

I beregningerne er anvendt de samme bjærgnings- og håndteringsomkostninger som for halm og græsudlæg. Der henvises derfor til tabel 5.

Tabel 19. Økonomisk resultat pr. ha.

	Resultat/ha	Resultat/ha	Resultat/ha
	lavt udnytte	medium udbytte	højt udbytte
Halm og olieræddike	1820	3512	5069

Det økonomiske overskud pr. ha er således beregnet til mellem godt 1.800 kr og godt 5.000 kr

Tabel 20. Økonomisk resultat pr. ton ensilage

	Resultat/ton	Resultat/ton	Resultat/ton
	lavt udnytte	medium udbytte	højt udbytte
Halm og olieræddike	144	187	207

Når det økonomiske overskud udregnes pr. ton ensilage er det mellem 144 og 207 kr. pr. ton ensilage



## 8. Diskussion

I mere normale høstår vil der sandsynligvis kunne bjærges biomasse med højere tørstofindhold end det kunne gøres i 2019. Det vil formentlig reducere omkostningerne en smule, ligesom værdien af et ton ensilage vil være højere pga. det højere tørstofindhold. Det viste sig bl.a. at være tilfældet i 2020, hvor bjærgningen blev delt i 2 med højere tørstofudbytte som resultat.

I forsøgene på Fyn var det tanken samtidigt at bjærge halm på skår og den opvoksende efterafgrøde. Men det lykkedes som nævnt ikke på grund af vejret. Det var ærgerligt fordi vi derfor ikke fik den erfaring med, som enten kunne pege på en ny måde at bjærge efterafgrøde og halm eller udgøre en nødløsning for at få halm bjærget, som det måske ikke var lykkedes at bjærge i høsten, som det var tilfældet mange steder i 2017, hvor der var en meget våd og besværlig høst. KC var fra starten skeptisk overfor den metode fordi han mente, at man ville få rødder og jord med fra græs eller efterafgrøde, der groede op gennem halmstrengen. Dette fik vi desværre ikke afprøvet.

Med de anvendte forudsætninger er det en god forretning at anvende halm og efterafgrøde til biogasproduktion under forudsætning af at halmen alternativt ville blive snittet og blive liggende i marken. Hvis halmen evt. kunne sælges, ville der alt andet lige skulle fradrages en alternativ omkostning i overskuddet, svarende til nettofortjenesten på den evt. solgte halm.

Et overraskende resultat af undersøgelserne var at baller, der blot er tæt overdækket med plastik, ensilerer fint, og gaspotentialemæssigt kan måle sig med ensilagen fra stakken ved anlægget. For KC er denne løsning ikke interessant, fordi han skal bruge ekstra tid på at fjerne snore osv. En anden ting er, at de jo ikke er snittet som det der ligger i stakken, og det ville betyde, at han kunne anvende mindre af det i anlægget. Ikke desto mindre kunne det i nogle tilfælde være en løsning hvis markerne ligger langt fra biogasanlægget, idet hjemkørslen givetvis da vil være billigere end med frakørselsvogne fordi en stor ballevoغن kan have mere med pr. læs, og dermed højere kapacitet.

Det er en fordel ved gårdbiogasanlæg, som Viftrup Biogas, at de næringsstoffer, der tilføres anlægget i form af halm og efterafgrøder, er til rådighed for næste års produktion af biomasse i form af afgasset gylle.

Nogle gange strider gode initiativer imod hinanden. Som det er fremgået af beregningerne, er det ret afgørende for økonomien at der kan opnås et rimeligt stort tørstofudbytte pr. ha. De øgede krav om pligtige efterafgrøder, som ikke må gødskes, vil blive en barriere for den forretningsmodel som KC har lagt sin biomasseforsyning an på, idet han frygter at græsandelen bliver for lille, når det så at sige ikke må få noget at leve af.

En anden udfordring er, at KCs strategi betyder at han har grønne marker stort set hele tiden. I et sådant system er der ikke tid og plads til mekanisk bekæmpelse af rod ukrudt som fx kvik. Derfor vil et generelt forbud mod brug af glyphosat til bekæmpelse af ukrudt når markerne skal lægges om. Det vil betyde, at han må reducere arealet han kan drive med vårsæd og græsudlæg, og dermed være i stand til at bjærge mindre biomasse til sit biogasanlæg.



## 9. Konklusion

Under forudsætning af at halmen alternativt snittes og nedmuldes er det en god forretning at bjærge frøgræshalm, halm og græsudlæg efter den forretningsmodel, som KC anvender, og som er beskrevet i denne rapport.

Resultaterne tyder også på at det kan være lige så profitabelt at tage 2 slæt i stedet for 1. De øgede bjærgningsomkostninger bliver ifølge beregningerne opvejet af et højere tørstofudbytte. Dette dog sagt med det forbehold, at tørstofindhold og gasudbytte fra 2. slæt er skønnede.

Beregningerne tyder også på, at det samme gør sig gældende ved bjærgning af halm og olieræddike, men det har ikke kunnet udføres i praksis, og rummer derfor en del skøn, som alt andet lige medfører en større usikkerhed.

På baggrund af resultaterne vurderes det at det kan betale sig at bjærge halm og efterafgrøder som baller, der ikke nødvendigvis wrappes, men blot overdækkes tæt med plastik. Det vil formentlig være når markerne ligger relativt langt fra anlægget, formentlig mere end 10 km, men dette er ikke nærmere analyseret. Men det åbner samtidig for at andre landmænd måske kan ønske at bjærge sådanne baller og sælge dem til biogasanlæg.

### Referencer:

FIB nr. 60. juni 2015. Pænt gasudbytte fra halm og efterafgrøder. S. Ugilt Larsen, Teknologisk Institut



## Analyserapport Biogaspotentialiet halm, efterslet og frøgræshalm

XXXXXXXXXXXX

**Udarbejdet af:**

Christian Holst Fischer, cand.polyt, faglig leder  
Mobil + 45 72 20 25 85  
E-mail: chfi@teknologisk.dk  
Teknologisk Institut  
Kongsvang Allé 29  
8000 Aarhus C

**Udarbejdet for:**

Kurt Hjort-Gregersen

**Måleperiode:**

Fra 20-12-19 og 52 dage frem

**Prøver:**

Ensileret frøgræshalm fra stak  
Ensileret halm og efterslet fra stak  
Ensileret halm og efterslet fra udækkede baller  
Ensileret halm og efterslet fra plastik overdækkede baller  
Ensileret halm og efterslet fra wrappede baller  
Sort pose = Frossen frøgræshalm  
Blå pose = Frossen halm og efterslet

10. februar 2020 (opdateret 30-06-20)



## 1. Metode

Biogaspotential er blevet bestemt ved brug af Bioprocess Control-udstyr (Measurement protocol for biogas potential measurements for verification tests (ETV, CBMI), v6, 16/5-2011), metode 2: Measurement using the bioprocess control system). Der er ved nærværende test benyttet følgende fremgangsmåde:

- Termofil udrådning ved 50 °C ved brug af Bioprocess Control-udstyr.
- Der er anvendt tripelbestemmelse af prøverne samt blind.
- Tørstofbestemmelse: 105 °C, 48 timer og askeindhold: 550 °C, 24 timer.
- Prøver er tilsat i en koncentration på den senere angivne koncentration i gVS/l.
- Der er foretaget tripelbestemmelse på en cellulosereference (Sigmacell-cellulose type 50) til kontrol.
- Data for akkumuleret metanproduktion er angivet som målt værdi i Nml CH<sub>4</sub>/gVS efter fuld udrådning.

Prøverne blev neddelt manuelt til stykker a 1 cm inden overførsel til udrådningsbeholdere. Der blev anvendt 400 ml forafgasset podemateriale pr. beholder til udrådningsprøverne.

## 2. Resultater

Mængden af tørstof og flygtige, organiske stoffer (VS) blev bestemt i prøverne. Resultaterne fremgår af Tabel 1.

**Tabel 1. Tørstof og flygtige, organiske stoffer i prøverne. Analyserne er dobbeltbestemmelser.**

Prøve	Tørstof- %	Standard afv. TS-%	Volatile solids VS-%*	Standard afv. VS-%
Ensileret frøgræshalm fra stak	24,4	0,3	93,2	0,1
Ensileret halm og efterslet fra stak	15,5	0,1	89,2	1,9
Ensileret halm og efterslet fra udækkede baller	10,8	0,1	92,8	0,2
Ensileret halm og efterslet fra plastik overdækkede baller	13,3	0,3	94,0	0,2
Ensileret halm og efterslet fra wrappede baller	15,5	0,5	95,5	0,8
Sort pose = Frossen frøgræshalm	37,7	0,9	94,5	0,1
Blå pose = Frossen halm og efterslet	12,6	0,5	91,5	0,5

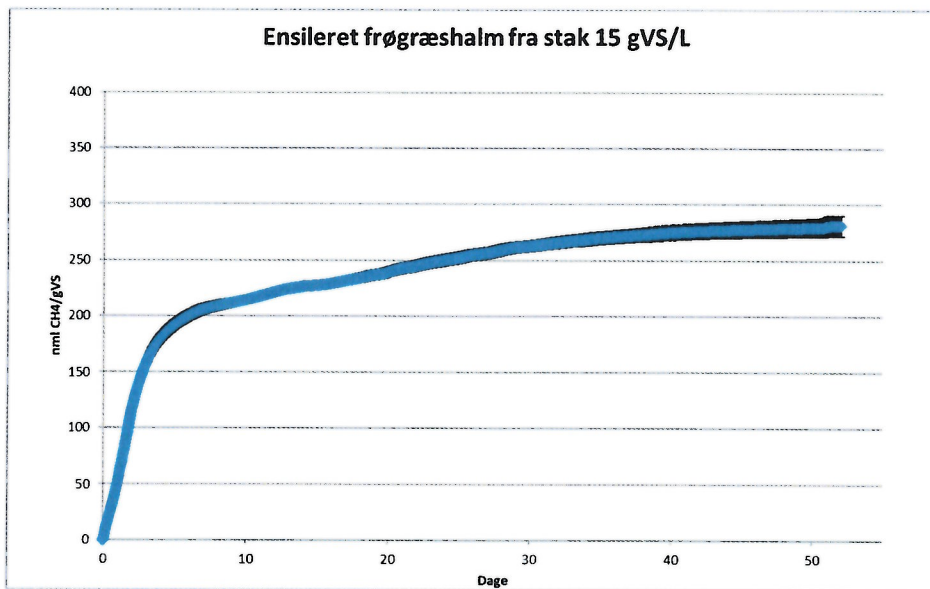
\* Beregnet som 100-asketab på tørstofbasis.



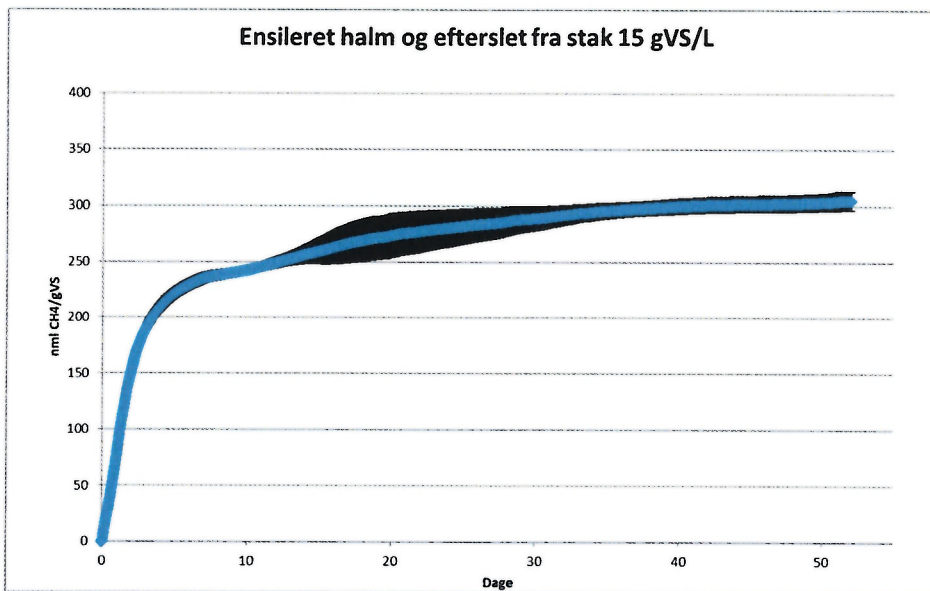
Udrådningen blev afsluttet efter ca. 52 dage. Resultat for akkumuleret metanproduktion efter 52 dage er vist i Tabel 2. Data fra udrådningen er vist på Figur 1 til 7. Metanproduktionen er vist som normal ml metan/g VS svarende til Nm<sup>3</sup>/t VS (VS = organisk stof på tørstofbasis). Endvidere er beregnet metanproduktion i Nm<sup>3</sup> pr. ton modtaget prøve (vådt) samt metanproduktion pr. ton tørstof. Nm<sup>3</sup> er volumen i kubikmeter ved 0 °C og et tryk på 101,3 kPa (1 atm).

Tabel 2. Akkumuleret metanproduktion efter 52 dage.

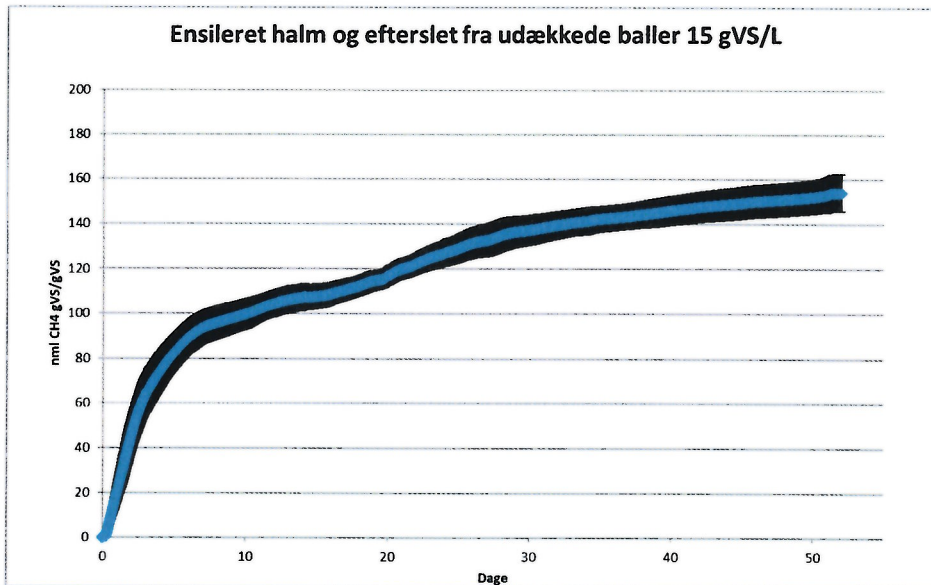
Prøve	Nml CH <sub>4</sub> /gVS	Standardafvi- gelse (Nml CH <sub>4</sub> /gVS)	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / ton TS	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton prøve
Ensileret frøgræshalm fra stak	281	9	262	64
Ensileret halm og efterslet fra stak	305	8	272	42
Ensileret halm og efterslet fra udkækkede baller	154	8	143	15
Ensileret halm og efterslet fra plastik overdækkede baller	328	12	308	41
Ensileret halm og efterslet fra wrappede baller	310	8	296	46
Sort pose = Frossen frøgræshalm	184	20	174	66
Blå pose = Frossen halm og efterslet	314	13	287	36



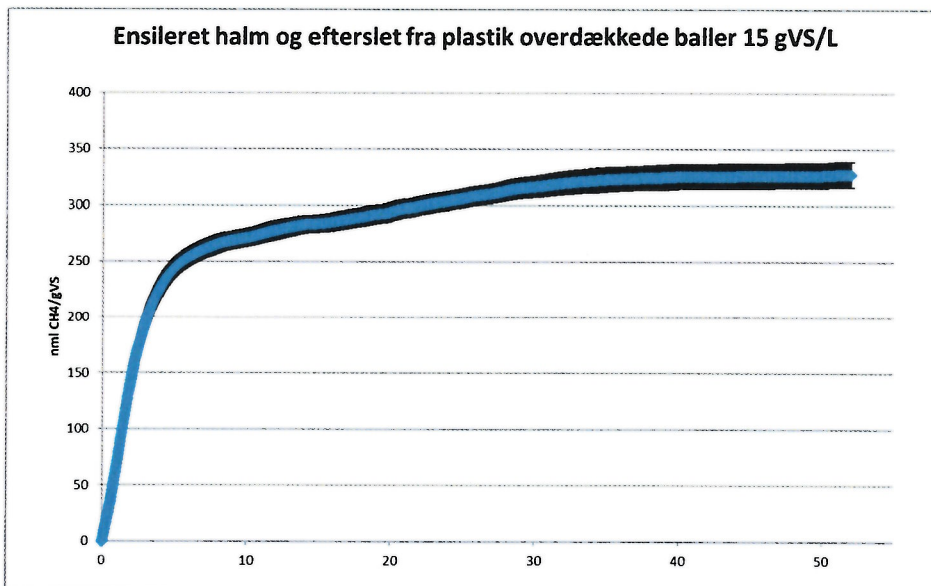
Figur 1. Ensileret frøgræshalm fra stak - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



Figur 2. Ensileret halm og efterslet fra stak - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.

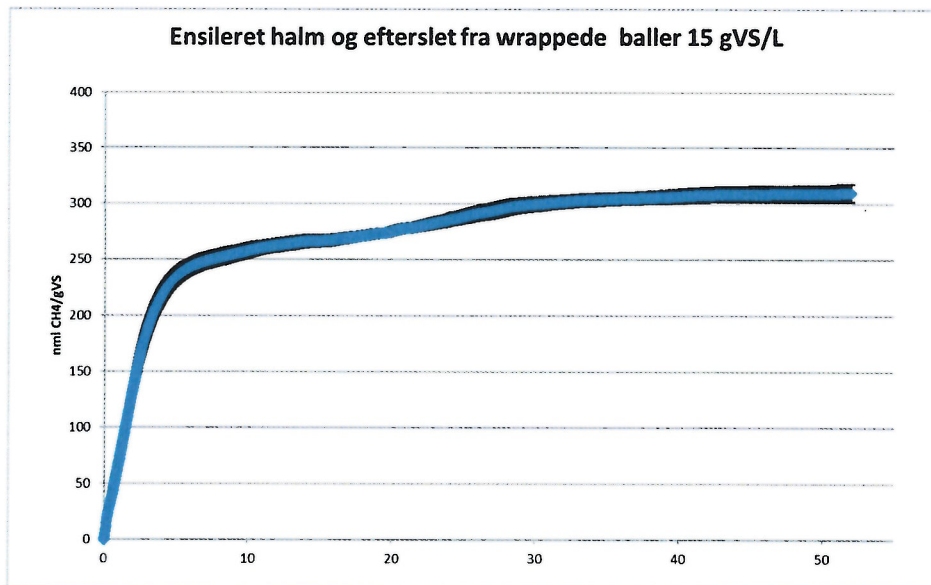


Figur 3. Ensileret halm og efterslet fra udækkede baller - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.

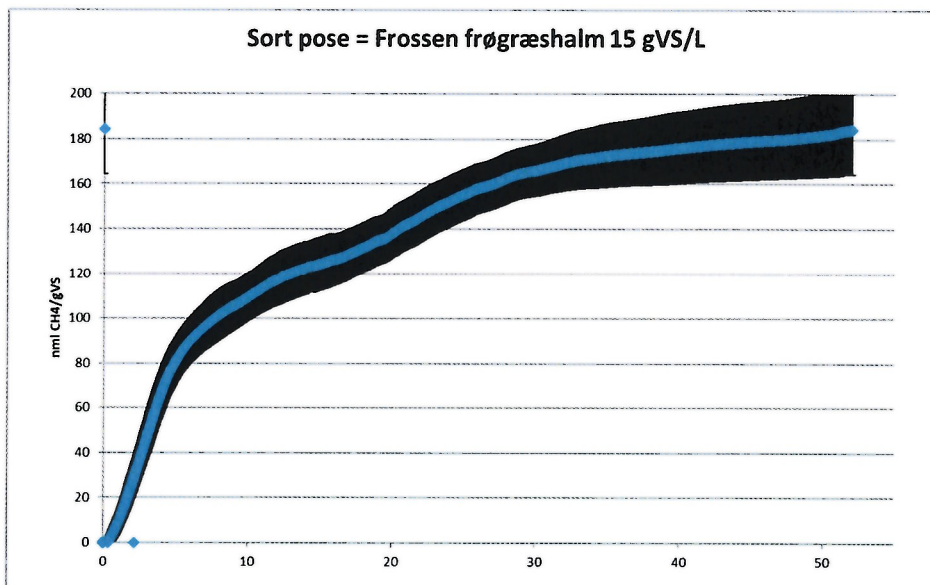


Figur 4. Ensileret halm og efterslet fra plastik overdækkede baller - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.

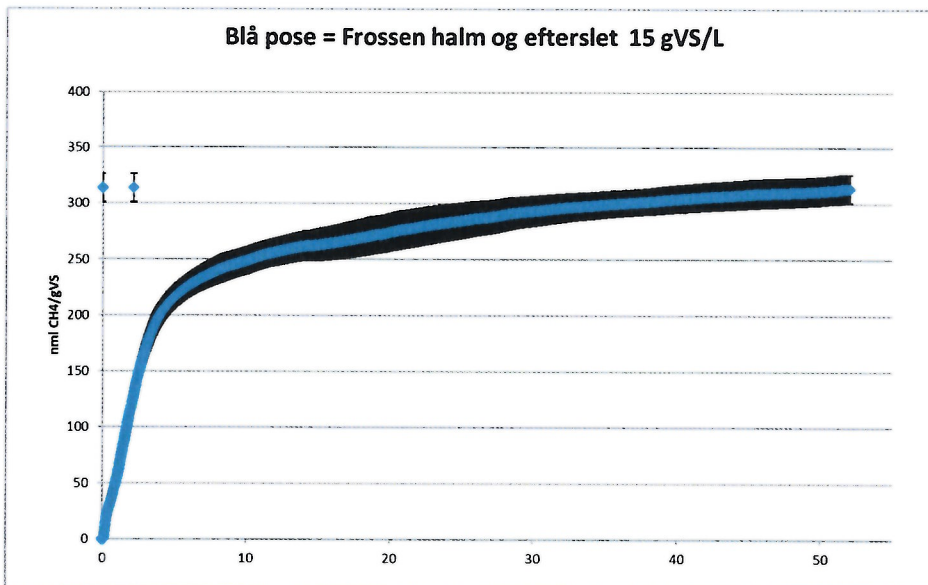




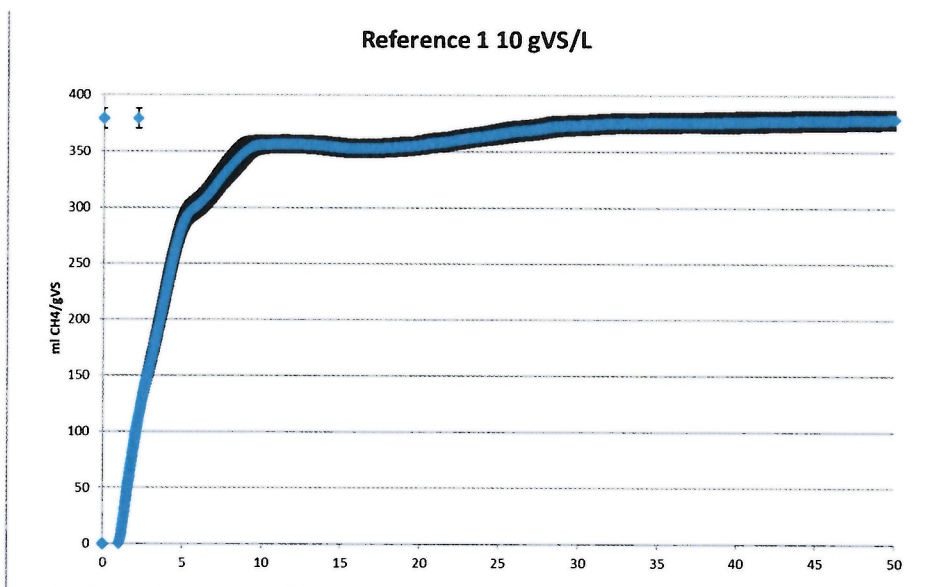
Figur 5. Ensileret halm og efterslet fra wrappede baller - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



Figur 6. Sort pose = Frossen frøgræshalm - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



Figur 7. Blå pose = Frossen halm og efterslet - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



Figur 8. Reference - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.



Cellulosereferencen resulterede i en metanproduktion på 380 Nml/g VS med en standardafvigelse på 6 Nml/g VS, hvilket er indenfor den forventede værdi på ca. 375 Nml/g VS +/- 25 Nml/g VS. Dette indikerer, at det anvendte inokulum og logningssystem har fungeret efter hensigten.

# Analyserapport

## Biogaspotentialiet halm og efterafgrøde

---

### Udarbejdet af:

Christian Holst Fischer, cand.polyt, faglig leder  
Mobil + 45 72 20 25 85  
E-mail: chfi@teknologisk.dk  
Teknologisk Institut  
Kongsvang Allé 29  
8000 Aarhus C

### Udarbejdet for:

Kurt Hjort-Gregersen

### Måleperiode:

Fra 19-03-20 og 47 dage frem

### Prøver:

A1 Ensileret halm og efterafgrøde (1 og 2)  
A2 Ensileret halm  
A3 Frossen halm  
A4 Frossen halm og efterafgrøde (1 og 2)  
A5 Frisk efterafgrøde

5. maj 2020



## 1. Metode

Biogaspotential er blevet bestemt ved brug af Bioprocess Control-udstyr (Measurement protocol for biogas potential measurements for verification tests (ETV, CBMI), v6, 16/5-2011), metode 2: Measurement using the bioprocess control system). Der er ved nærværende test benyttet følgende fremgangsmåde:

- Mesofil udrådning ved 38°C ved brug af Bioprocess Control-udstyr.
- Der er anvendt tripelbestemmelse af prøverne samt blind.
- Tørstofbestemmelse: 105 °C, 48 timer og askeindhold: 550 °C, 24 timer.
- Prøver er tilsat i en koncentration på den senere angivne koncentration i gVS/l.
- Der er foretaget tripelbestemmelse på en cellulosereference (Sigmacell-cellulose type 50) til kontrol.
- Data for akkumuleret metanproduktion er angivet som målt værdi i Nml CH<sub>4</sub>/gVS efter fuld udrådning.

Prøverne blev neddelt manuelt til stykker a 1 cm inden overførsel til udrådningsbeholdere. Der blev anvendt 400 ml forafgasset podemateriale pr. beholder til udrådningserne.

## 2. Resultater

Mængden af tørstof og flygtige, organiske stoffer (VS) blev bestemt i prøverne. Resultaterne fremgår af Tabel 1.

**Tabel 1. Tørstof og flygtige, organiske stoffer i prøverne. Analyserne er dobbeltbestemmelser.**

Prøve	Tørstof-%	Standard afv.	Volatile solids	Standard afv.
		TS-%	VS-%*	VS-%
A1 Ensileret halm og efterafgrøde (1)	17,10	0,52	90,77	0,23
A1 Ensileret halm og efterafgrøde (2)	16,53	0,42	90,99	0,24
A2 Ensileret halm	31,78	0,29	95,07	0,09
A3 Frossen halm	33,05	0,49	95,07	0,07
A4 Frossen halm og efterafgrøde (1)	19,04	0,57	91,79	0,33
A4 Frossen halm og efterafgrøde (2)	17,04	0,33	91,03	0,61
A5 Frisk efterafgrøde	10,59	0,10	84,81	0,05

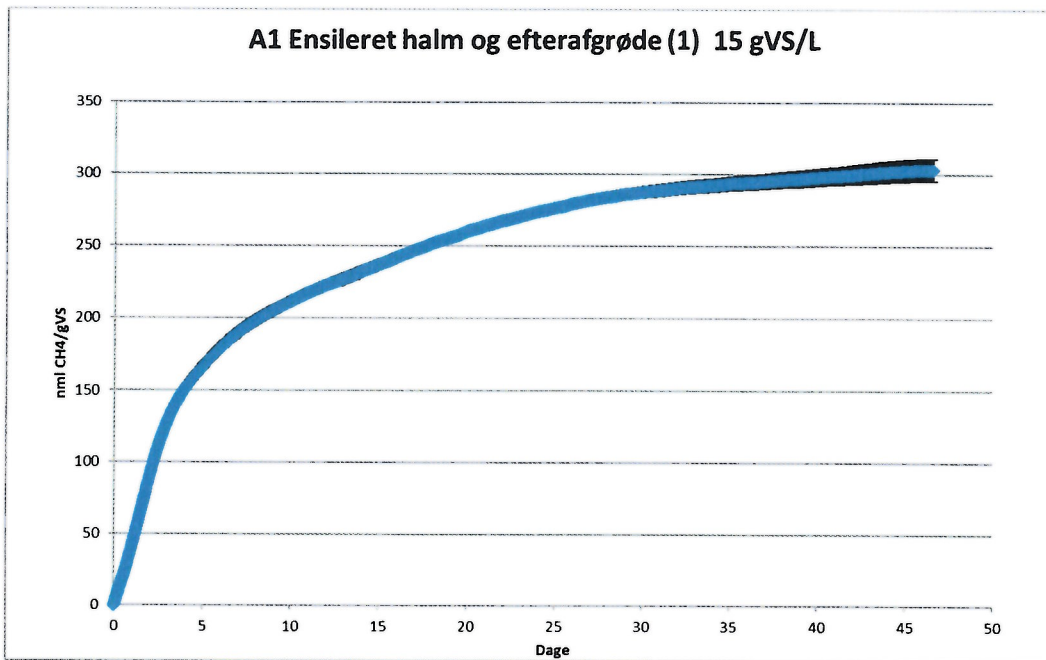
\* Beregnet som 100-asketab på tørstofbasis.



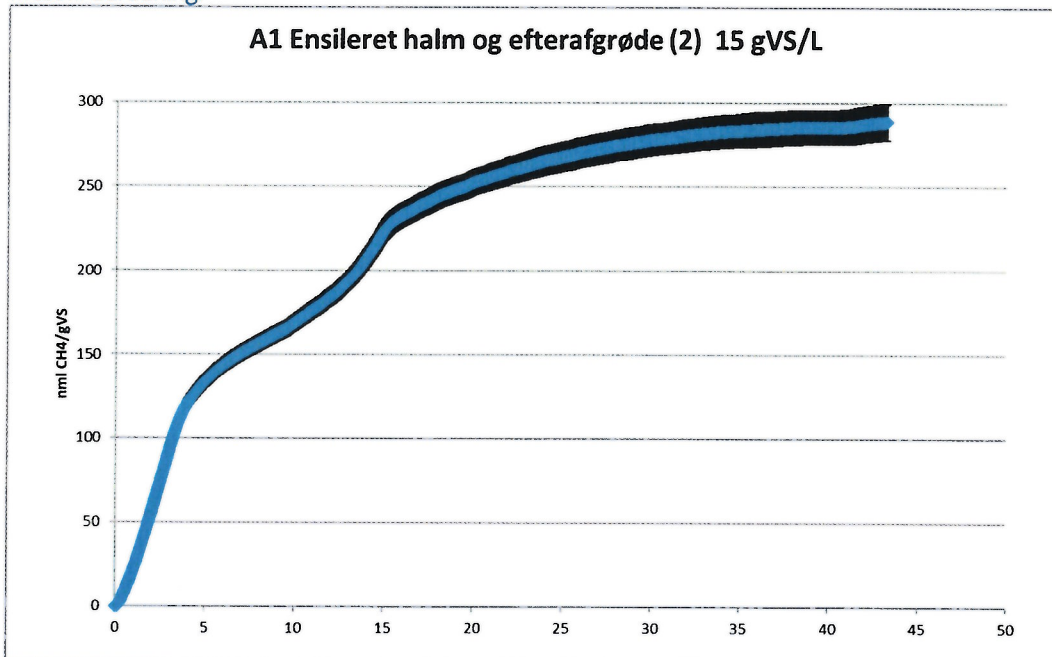
Udrådningen blev afsluttet efter ca. 47 dage. Resultat for akkumuleret metanproduktion efter 47 dage er vist i Tabel 2. Data fra udrådningen er vist på Figur 1 til 7. Metanproduktionen er vist som normal ml metan/g VS svarende til Nm<sup>3</sup>/t VS (VS = organisk stof på tørstofbasis). Endvidere er beregnet metanproduktion i Nm<sup>3</sup> pr. ton modtaget prøve (vådt) samt metanproduktion pr. ton tørstof. Nm<sup>3</sup> er volumen i kubikmeter ved 0 °C og et tryk på 101,3 kPa (1 atm).

**Tabel 2. Akkumuleret metanproduktion efter 47 dage.**

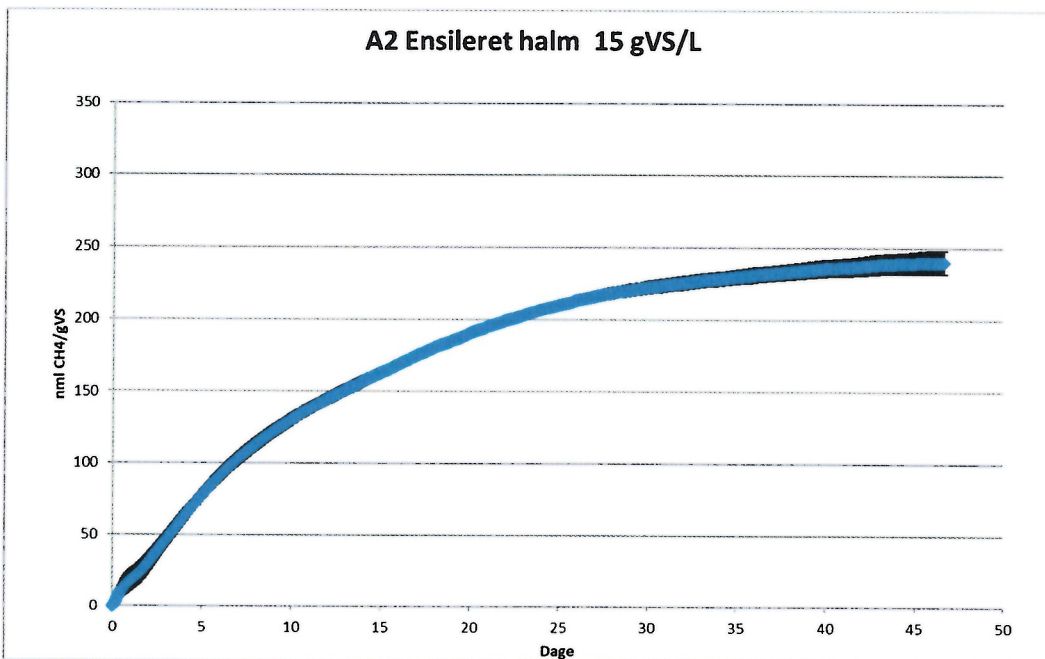
Prøve	Nml CH <sub>4</sub> /gVS	Standardafvi- gelse (Nml CH <sub>4</sub> /gVS)	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / ton TS	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton prøve
A1 Ensileret halm og efterafgrøde (1)	303	8	275	47
A1 Ensileret halm og efterafgrøde (2)	290	11	264	44
A2 Ensileret halm	240	8	228	73
A3 Frossen halm	223	19	212	70
A4 Frossen halm og efterafgrøde (1)	224	12	205	39
A4 Frossen halm og efterafgrøde (2)	219	15	199	34
A5 Frisk efterafgrøde	189	37	161	17



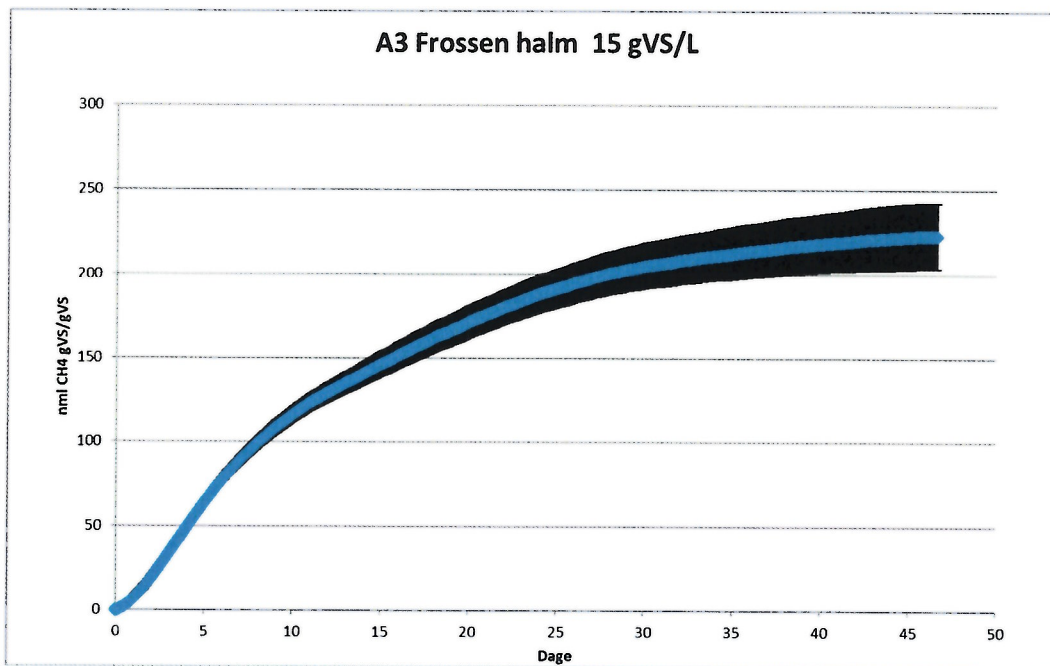
Figur 1. A1 Ensileret halm og efterafgrøde (1) - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.



Figur 2. A1 Ensileret halm og efterafgrøde (2)- akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.

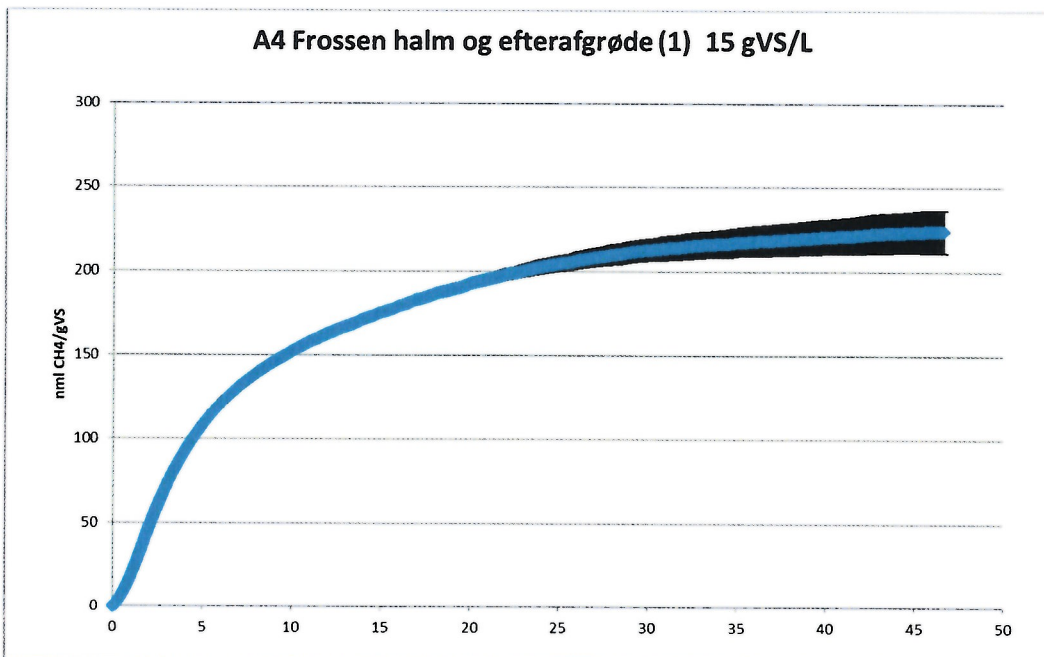


Figur 3 A2 Ensileret halm - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.

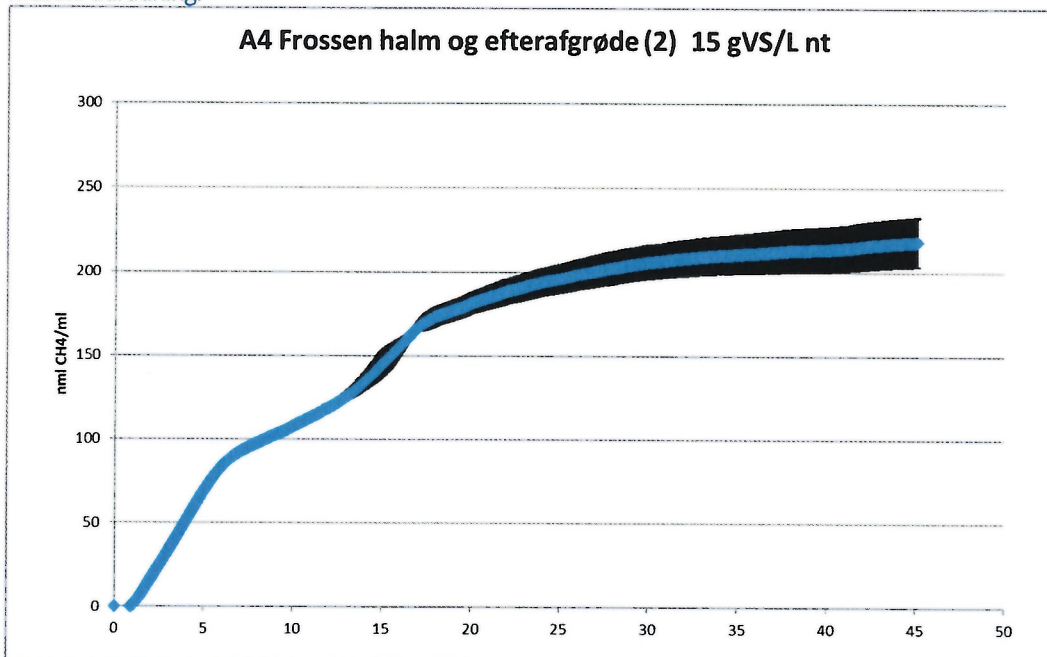


Figur 4. A3 Frossen halm - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.

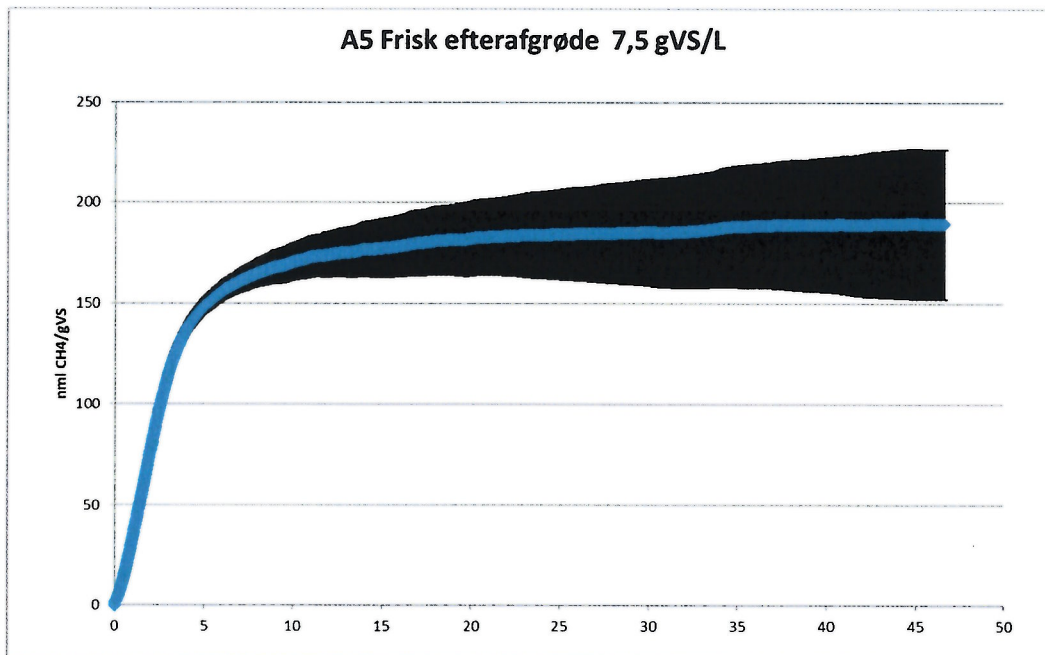




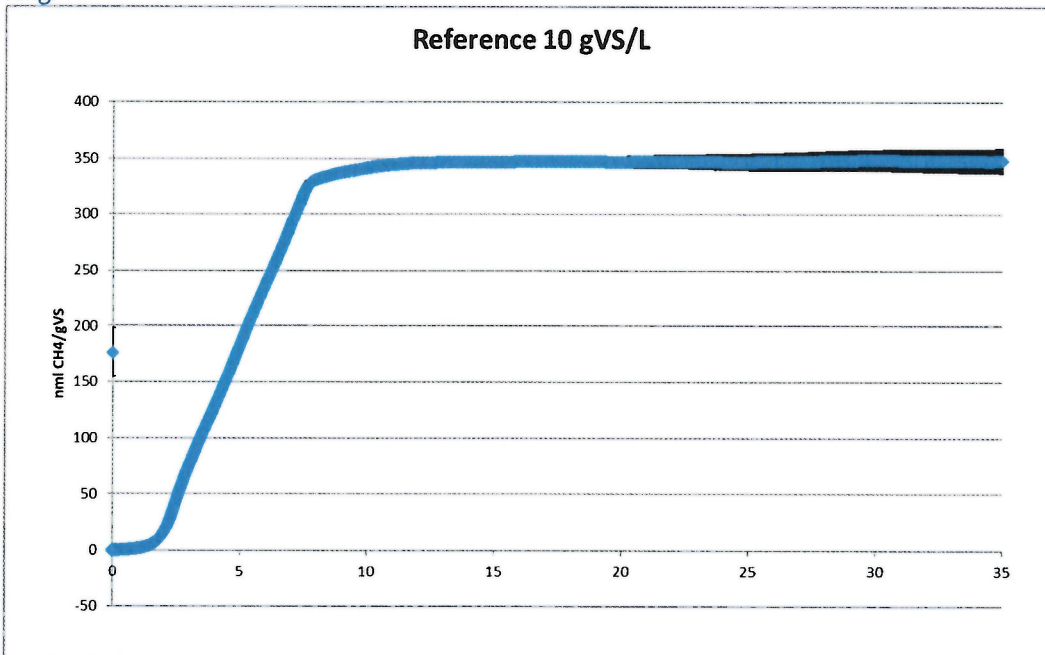
Figur 5. A4 Frossen halm og efterafgrøde (1) - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.



Figur 6. A4 Frossen halm og efterafgrøde (2)- akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.



Figur 7. A5 Frisk efterafgrøde - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.



Figur 8. Reference - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.



Cellulosereferencen resulterede i en metanproduktion på 347 Nml/g VS med en standardafvigelse på 15 Nml/g VS, hvilket er lidt lavere end den forventede værdi på ca. 375 Nml/g VS +/- 25 Nml/g VS. Dette indikerer, at det anvendte inokulum og logningssystem har fungeret efter hensigten.

# Biogaspotentiale af ensilage

---

**Udarbejdet for**  
Kurt Hjort-Gregersen

**Udarbejdet af**  
Martin Rosenørn Eskesen  
Mobil +45 72 20 14 91  
E-mail: mre@teknologisk.dk  
Teknologisk Institut  
Kongsvang Allé 29  
8000 Aarhus C

og

Christian Holst Fischer, Cand. polyt, Forretningsleder

**Forsøgsperiode**  
29. september 2020 – 9. november 2020

**Prøver:**  
Ensilage Bund – 1  
Ensilage Bund – 2  
Ensilage Midt – 1  
Ensilage Midt – 2

9. november 2020

## 1. Metode

Biogaspotential er blevet bestemt ved brug af Bioprocess Control-udstyr (Measurement protocol for biogas potential measurements for verification tests (ETV, CBMI), v6, 16/5-2011), metode 2: Measurement using the bioprocess control system).

Der er ved nærværende test benyttet følgende fremgangsmåde:

- Termofil udrådning ved 51 °C ved brug af Bioprocess Control-udstyr
- Der er anvendt tripelbestemmelse af prøverne samt blind
- Tørstofbestemmelse: 105 °C, 48 timer
- Askeindhold: 550 °C, 24 timer
- Prøver er tilsat i en koncentration i den senere angivne koncentration i g VS/l
- Der er foretaget tripelbestemmelse på en celluloseference (Sigmacell-cellulose type 50) til kontrol.
- Data for akkumuleret metanproduktion er angivet som målt værdi i Nml CH<sub>4</sub>/gVS efter fuld udrådning.

Ensilage-prøverne blev neddelte manuelt til stykker af ca. 1 cm inden overførsel til udrådning beholdere. Der blev anvendt 340 ml forafgasset podemateriale pr. beholder til udrådningerne.

## 2. Resultater

Mængden af tørstof og flygtige, organiske stoffer (VS) blev bestemt i prøverne. Resultaterne fremgår af Tabel 1.

**Tabel 1. Tørstof og flygtige, organiske stoffer i prøverne. Analyserne er udført som dobbeltbestemmelser.**

Prøve	Tørstof-%	Standard afv. TS-%	Volatile solids VS-%*	Standard afv. VS-%
Kurt - Ensilage Bund 1	18,39	0,22	93,39	0,94
Kurt - Ensilage Bund 2	17,83	0,30	91,41	0,40
Kurt - Ensilage Midt 1	22,44	0,26	91,94	0,76
Kurt - Ensilage Midt 2	21,13	0,28	91,86	0,40

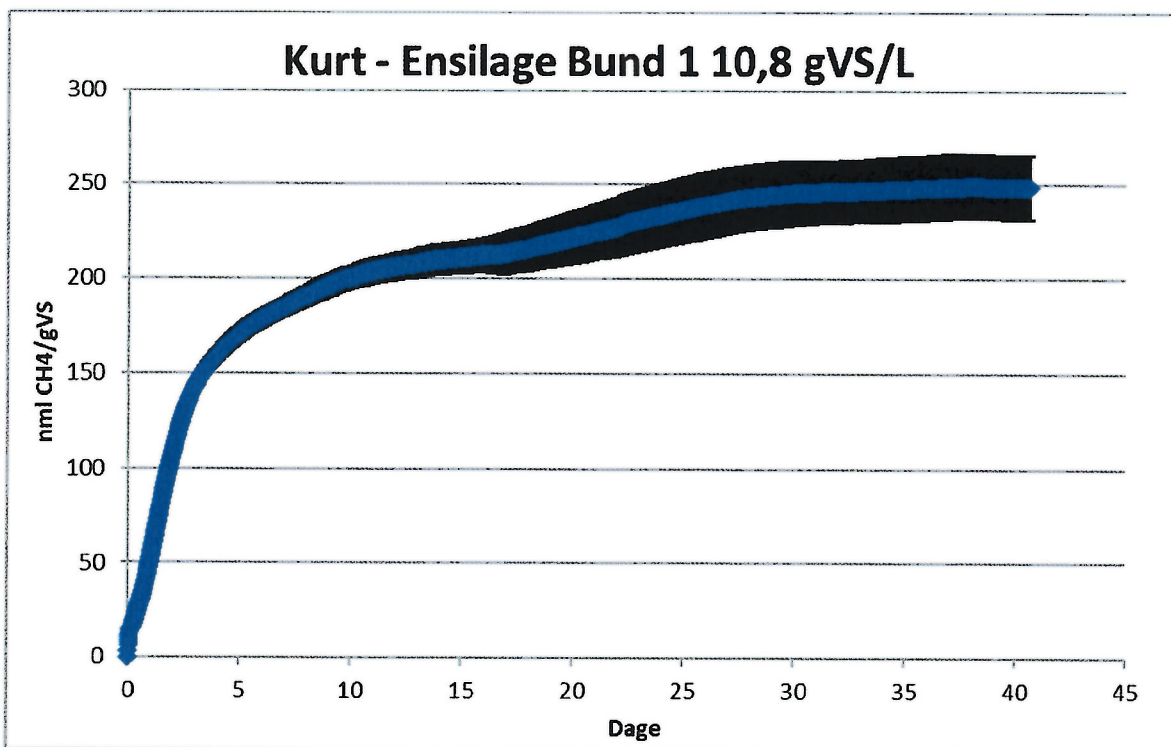
\* Beregnet som 100-asketab på tørstofbasis.

Udrådningen blev afsluttet efter ca. 41 dage. Resultat for akkumuleret metanproduktion efter 41 dage er vist i Tabel 2. Metanproduktionen er vist som normal ml metan/gVS svarende til Nm<sup>3</sup>/t VS (VS = organisk stof på tørstofbasis). Endvidere er metanproduktionen beregnet i Nm<sup>3</sup> pr. ton modtaget prøve (vådt) samt metanproduktion pr. ton tørstof. Nm<sup>3</sup> er volumen i kubikmeter ved 0 °C og et tryk på 101,3 kPa (1 atm). Data fra udrådningen er vist på Figur 1 til 5.

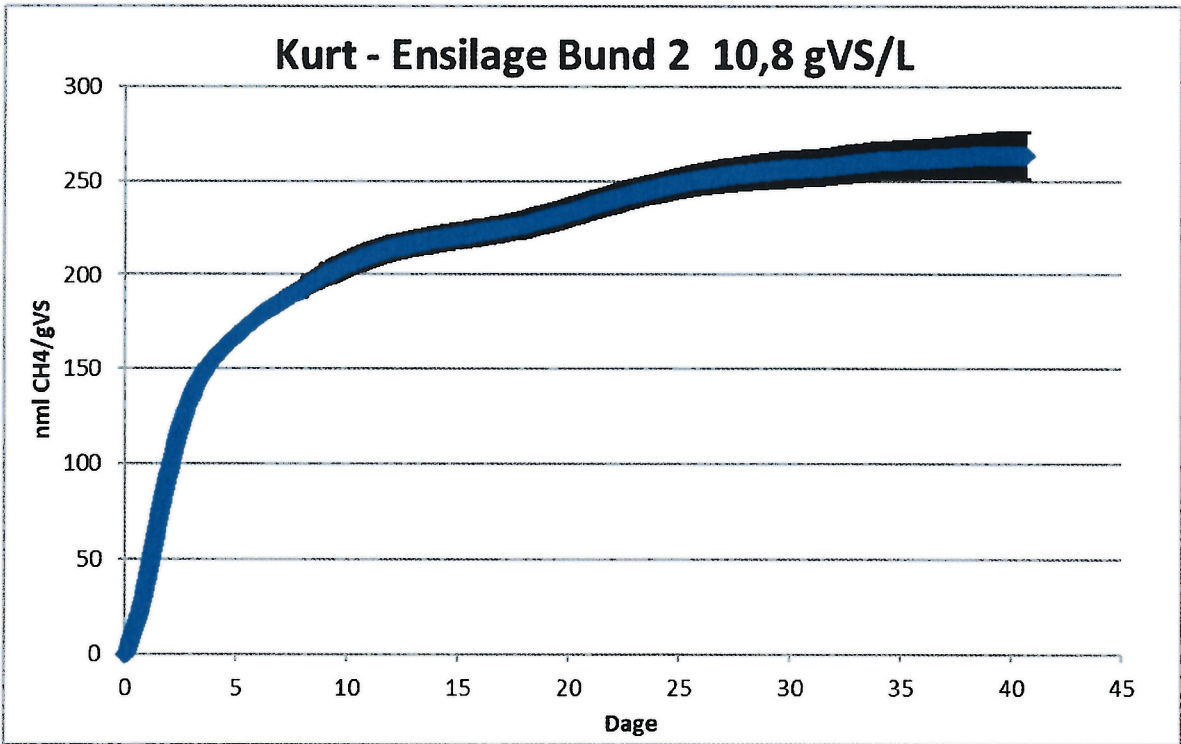
Tabel 2. Akkumuleret metanproduktion efter 41 dage.

Prøve	Nml CH <sub>4</sub> /gVS	Standardafvigelse (Nml CH <sub>4</sub> /gVS)	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / ton TS	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ton prøve
Kurt - Ensilage Bund 1	248,4	17,3	232,0	42,7
Kurt - Ensilage Bund 2	263,3	12,3	240,6	42,9
Kurt - Ensilage Midt 1	235,2	17,6	216,2	48,5
Kurt - Ensilage Midt 2	238,5	11,3	219,1	46,3
Reference*	339,9	10,7	339,8	322,4

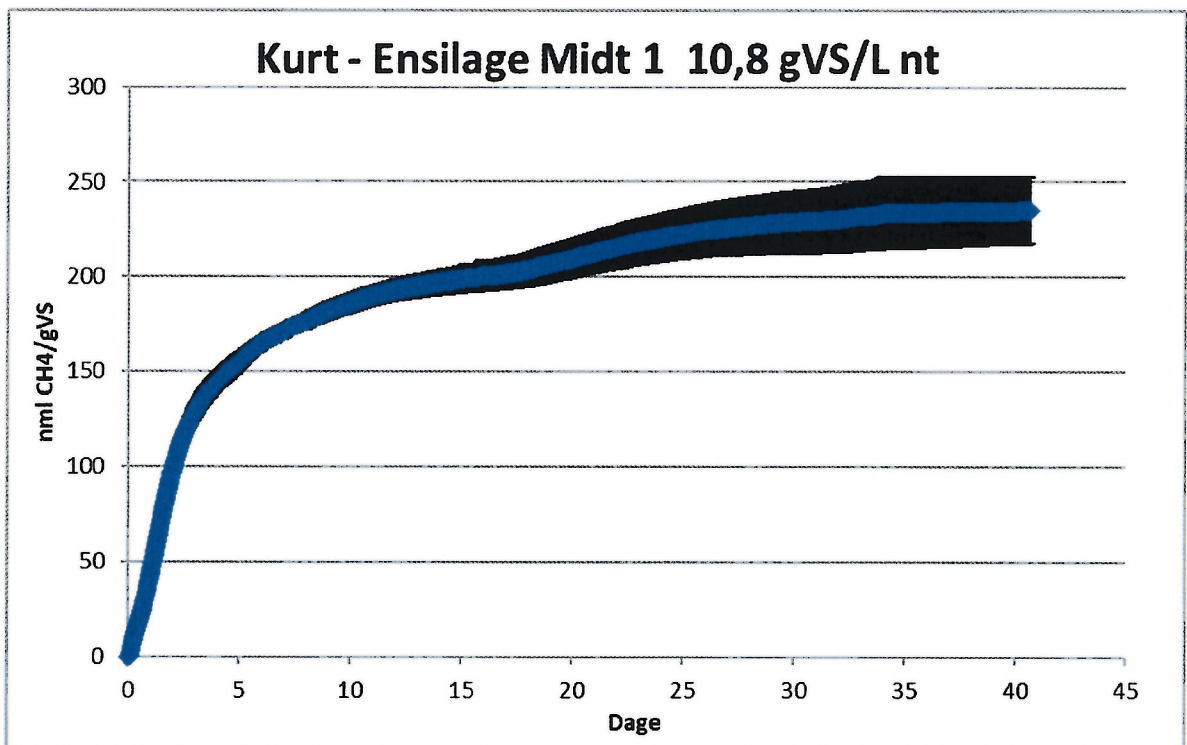
\* Udbytte aflæst efter 34 dage



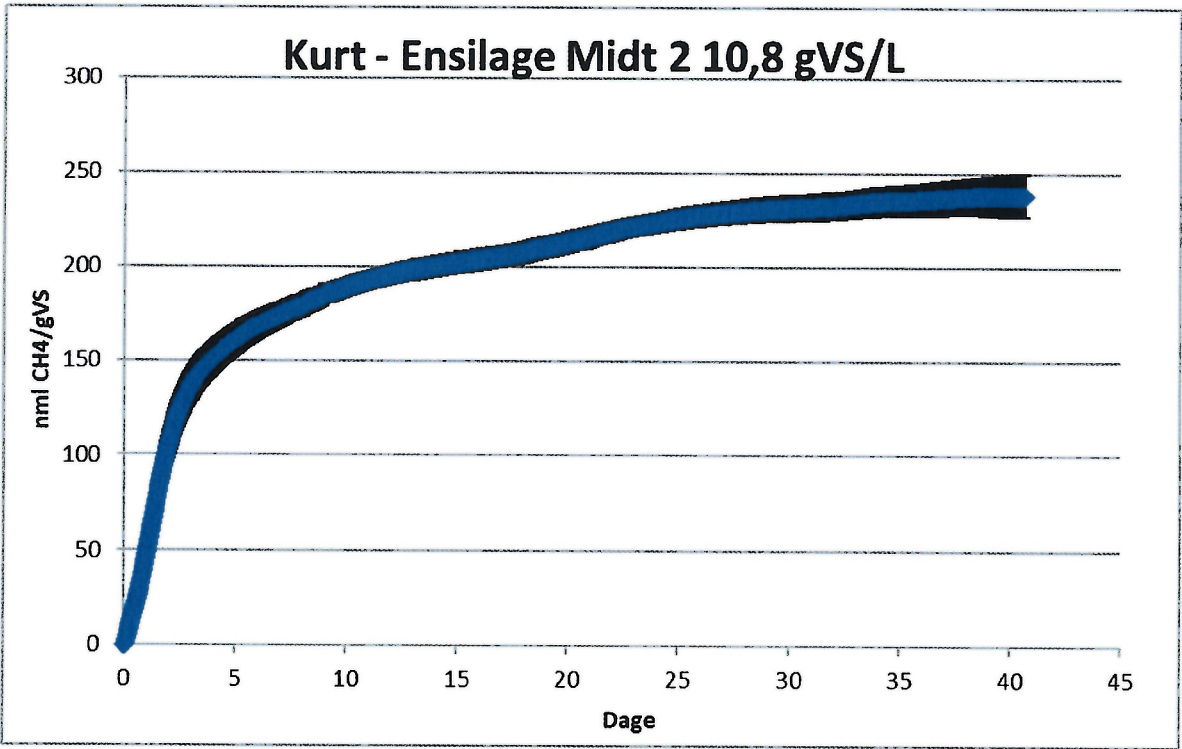
Figur 1. Ensilage Bund 1 - Akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



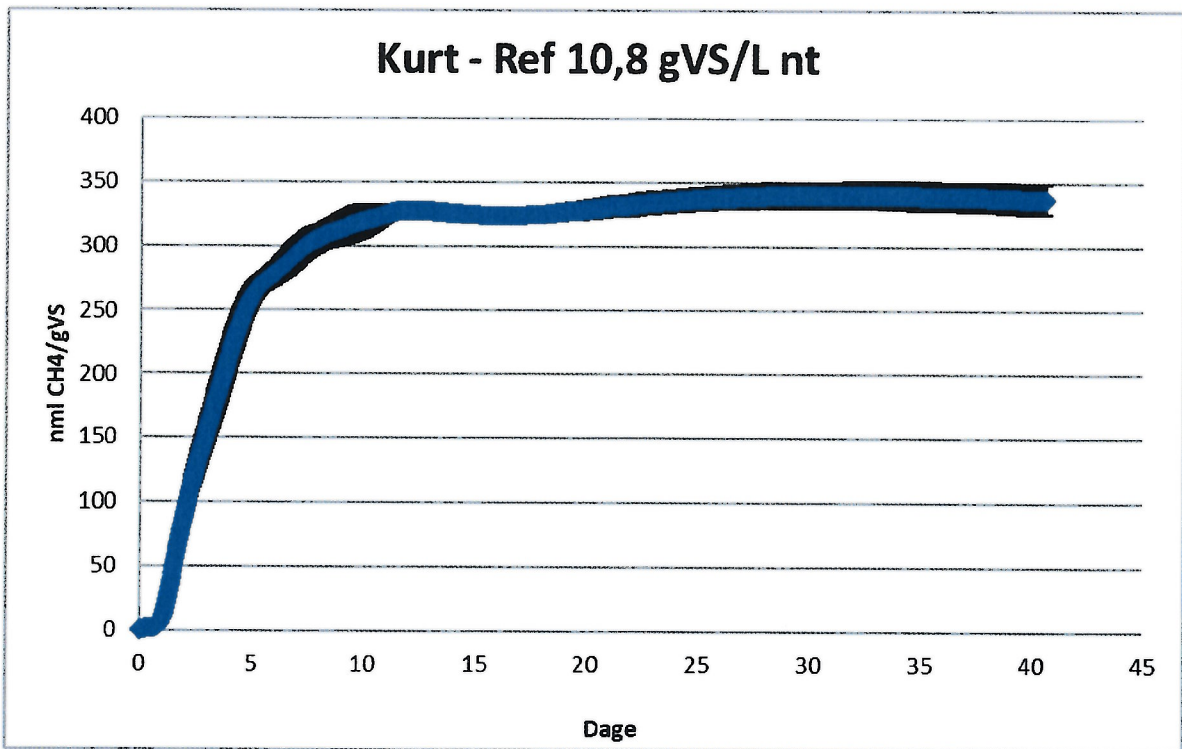
Figur 2. Ensilage Bund 2 - Akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



Figur 3. Ensilage Midt 1 - Akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



Figur 4. Ensilage Midt 2 - Akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



Figur 5. Reference - Akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.



Cellulosereferencen resulterede i en metanproduktion på 340 Nml/g VS med en standardafvigelse på 10,7 Nml/g VS, hvilket er lidt lavere end den forventede værdi på ca. 375 Nml/g VS +/- 25 Nml/g VS. Dette indikerer, at det anvendte inokulum og logningssystem har fungeret efter hensigten.

### 3. Konklusion

Forløbet og udbyttet af ensilage-prøverne er næsten identiske. Udrådningforløbene resulterede i en ca. 8 % gennemsnitlig højere metanproduktion per gVS for ensilage-prøverne fra bund. Dette kan skyldes at flere af de flygtige organiske stoffer opløses i det tilstedeværende vand i ensilagen, som bevæger sig mod bunden af ensilage-stakkene.

## Sam-ensilering af rughalm+olieræddike 2019 *Vakuumposeforsøg startet december 2019*

### **Biomasse og findeling af biomassen**

Olieræddike blev høstet manuelt på en mark ved Kerteminde. Olieræddikeplanterne var kraftige med op til ca. 0,8 m højde og en stængeltykkelse på op til 3-4 cm ved basis.

Rughalm blev udtaget af rundballer, der havde ligget udendørs ved Kverneland i Kerteminde i 2-3 måneder. Halmen var våd og muggen et godt stykke ned i rundballerne (der lå på siden), hvilket til dels vil minde om halmens tilstand, hvis den lå på marken fra kornhøst til sidst på efteråret.



*Rundballer med rughalm, der havde ligget udendørs i 2-3 måneder gennem et meget vådt efterår.*

Stænglerne på olieræddikeplanterne blev knust ved slag med kanten af en hækkesaks, hvorefter planterne blev klippet i 3-5 cm lange stykker med hækkesaks. Rughalmen blev ligeledes klippet i 3-5 cm lange stykker med hækkesaks.



*Knusning af stængel på olieræddikeplanter og snitning med hækkesaks.*



*Snitning af rughalm med hækkesaks.*

### **Blanding og vakuumpakning af biomasse**

Der blev afvejet 500 g snittet olieræddike og 250 g snittet rughalm pr. pose, og biomasserne blev blandet grundigt i en spand og derefter fyldt i en pose (150µm) som blev vakuumpakket. Derefter blev der vakuumpakket i endnu en pose af samme kvalitet.

Vakuumposer: Udvendige mål: 265x570 mm. Vægt: 42,47 g pr. pose. Model: SR 265 x 570 PA/PE 150. Produceret af LogiCon Nordic A/S, Stalvej 7, DK-6000 Kolding. Artikel-nr.: SR17541, KD. ART. -NR.: EM-6284781. Pakker med 250 stk.

Vakuumpakker: Fabrikat: Webomatic, M. Type C 15-HL, M. No. 0310TB1000. Webomatic, Hansastr. 119, D-44866 Bochum, Germany.

Der blev lavet i alt 6 poser à 750 g biomasse med olieræddike og rughalm i forholdet 2:1 (friskvægtbasis). Én af poserne blev nedfrosset umiddelbart efter vakuumpakning, svarende til frisk, ikke-ensileret biomasse. De øvrige 5 poser blev opbevaret ved ca. 20°C til ensilering.



*Blanding af snittet olieræddike og snittet rughalm.*



*Blanding af olieræddike og rughalm før og efter vakuumpakning.*



Frisk nedfrosset prøve.

### Tørstofbestemmelse

Der blev bestemt tørstofindhold i både olieræddike og rughalm ved tørring af 2 gentagelser (ca. 110 g pr. prøve for olieræddike og ca. 70 g pr. prøve for rughalm) ved 80C i ca. 18 timer.

Tabel 1. Tørstofanalyser af rughalm og olieræddike ved forsøgsstart.

Biomassetyper	Prøveoprindelse	Bakke, tom (g)	Bakke + biomasse, før tørring (g)	Bakke + biomasse, efter tørring (g)	Tørstofindhold (%)		
Analyser 9-10/12 2019				18 timer	18 timer	<b>Gnsn.</b>	std.afv.
Halm A	Rundballer hos Kverneland	14,29	85,75	34,73	<b>28,6</b>		
Halm B	Rundballer hos Kverneland	13,84	80,6	32,92	<b>28,6</b>	<b>28,6</b>	<b>0,01</b>
Olieræddike A	Mark ved Kerteminde, 9/12 2019	13,96	120,26	23,7	<b>9,2</b>		
Olieræddike B	Mark ved Kerteminde, 9/12 2019	13,79	123,02	23,59	<b>9,0</b>	<b>9,1</b>	<b>0,10</b>

Tabel 2. Biomassesammensætning i blanding af rughalm og olieræddike, baseret på tørstofbestemmelse i de to biomasser.

Biomassetyper	Andel af råvare, forholdstal		Andel af råvare, %		Andel af tørstof, %		TS%, målt		TS% i blanding	
	Olie-ræddike	Rughalm	Olie-ræddike	Rughalm	Olie-ræddike	Rughalm	Olie-ræddike	Rughalm	Beregnet	Målt
Olieræddike:rughalm	500	250	66,7	33,3	38,6	61,4	9,0	28,6	15,53	?

### Fotos

Y:\Personal\SLAR\Billeder forsøg m.m\2019\Halm\2019-12-09 Ensileringsforsøg med rughalm og olieræddike