

Resultater af udrådningforsøg for græspulp fra produktion af græsprøtein	Ansvarlig	noe
	Oprettet	19-01-2023
	Side	1 af 10

Projekt: Græsprøf

## Introduktion

Ved produktion af protein fra græs og kløver udvindes proteinet fra plantesaften efter en skruepresning, mens presseresten, der hovedsageligt består af græsfibre, kan udnyttes til kvægfoder eller til biogasproduktion.

I projektet "Værdiskabelse med græsprøtein (Græs-prof)" er der gennemført et større screeningsforsøg af græs- og kløversorter for at bestemme sorternes egenskaber med hensyn til at udvinde protein af dem ved bioraffinering. Screeningsforsøget er gennemført af DLF Seeds, og de har også udvalgt to græssorter, hvor presseresten er blevet testet for dets værdi som substrat til biogasproduktion. De to sorter har forskellig fordøjelighed som kvægfoder, og biogaspotentialer er bestemt for henholdsvis første og tredje slæt. Dette notat beskriver gennemførelsen og resultaterne af udrådningforsøget, der er gennemført af SEGES Innovation.

## Sammendrag

Der er gennemført udrådningforsøg med fiberkage (pulp) fra to typer græs efter udvinding af protein hos DLF Seeds fra henholdsvis 1. og 3. slæt. Biogasproduktionen fra prøverne er målt med tre tilsætninger af græspulp. Prøveglassene er podet med podemasse leveret fra et velfungerende biogasanlæg. Første tilsætning er sket i forbindelse med opstart af forsøgene. Der er målt biogasproduktion over en samlet periode på 59 døgn. Udrådningstemperaturen har været 49°C.

Indholdet af tørstof og organisk tørstof ligger højt i prøverne og ekstra højt i første slæt fra sorten "Hipast" i

TS- og VS-indhold	19-5-6 Cut1	19-5-6 Cut3	19-3-15 Cut1	19-3-15 Cut3
	"Richie"		"Hipast"	
% TS	58,90	56,32	64,79	57,33
% VS	55,75	52,35	62,70	54,26

Askeindholdet ligger på mellem 3 og 7% af TS, hvilket svarer til tidligere erfaringer med græsmaterialer.

Gasproduktionen er høj i forhold til andre landbrugsbiomasser:

Gas og metan	19-5-6 Cut1	19-5-6 Cut3	19-3-15 Cut1	19-3-15 Cut3
	"Richie"		"Hipast"	
M <sup>3</sup> biogas / ton masse	314	319	461	344
Nm <sup>3</sup> metan / ton masse	171	174	251	187
M <sup>3</sup> biogas / ton VS <sup>1</sup>	563	610	736	635
Nm <sup>3</sup> metan / ton VS <sup>1</sup>	307	332	400	345

1. Metankoncentrationen er vurderet til 54,5 % ud fra tidligere erfaringer.

Udrådningen er forløbet hurtigt og med et ideelt forløb. Kun i to af prøverne i første tilsætning var der et afvigende forløb, hvor gasproduktionen stoppede efter 7. døgn.

Sorten "Hipast" giver en større gasproduktion end sorten "Richie" især i første slæt. Det passer med, at Hipast har en højere fiberfordøjelighed i kvægfodring, og viser, at det vil være muligt at optimere gaspotentialet gennem valg af sorter til proteinfremstilling.

Den store og hurtige gasproduktion gør græspulp fra proteinfremstilling til en særdeles velegnet råvare til biogasproduktion. Ved vurdering af gaspotentialet i kommerciel praksis bør man regne med 90 % af de værdier der er målt i laboratoriet.

## Indledning

Dette notat indeholder resultaterne af udrådningsforsøg med græspulp fra DLF Seeds. Græspulpen er tildannet i forbindelse med udpresning af frugtsaft fra græsset under isolation af græsprotein.

Testmasserne er udrådnede ved podning med udrådnede gylle fra et velfungerende biogasanlæg, der drives på gylle, dybstrøelse og mindre mængder industriaffald.

Anlæggets driftstemperatur er på tidspunktet for udtagelse af podemasse cirka 49°C. Forsøgene er udført ved denne temperatur.

## Forsøgs- og analysemetodik

Der er modtaget fire forskellige typer pulp som specificeret nedenfor. Udrådningsforsøgene er udført i parallel i henhold til den metode, der er udviklet af SEGES Innovation til udrådning af biomasse. Der er i forsøget taget højde for omsætteligheden af den testede pulp.

Der er lavet udrådning som følger:

- Udrådningstemperatur: 49°C
- Udrådningstid samlet: 59 døgn
- Podemasse: udrådnede masse fra et velfungerende biogasanlæg, der drives på gylle, dybstrøelse og mindre mængder industriaffald
- Udrådning af podemasse parallelt med podemasse tilsat testmasse
- Tilsats af testmasse 3 gange, henholdsvis i forbindelse med opsætning af forsøg, efter 26 døgn og efter 42 døgn.

Udrådningsforsøgene har fundet sted i vandbad med glasflasker á 1.000 ml. Hver flaske har rørforbindelse til en 2.000 ml gasklokke for opsamling og måling af produceret biogas. Opbygningen er trykløs, det vil sige med samme gastryk som atmosfæretrykket udenfor.

Mængden af total-tørstof (TS) og organisk tørstof (VS) er bestemt ved henholdsvis tørring ved 105°C i 24 timer og udglødning ved 550°C i 2 timer.

Alle vejninger er foretaget som dobbelte vejninger på præcisionsvægt  $\pm 0,01$  gram.

Aflæsning af gasmængde er foretaget dagligt og med en præcision på  $\pm 5$  ml. Ved lav gasproduktion akkumuleres gas i gasklokke over flere dage for at reducere usikkerheden på aflæsningen og dermed gasproduktionssummen. Gastemperaturen er cirka 16 til 20°C.

Ved beregning af biogasproduktionen fra testmasse er der korrigeret for den del af biogasproduktionen, der stammer fra podemassen.

## Specifikation af testmasser

Der er modtaget pulpprøver af to forskellige græssorter fra DLF Seeds. Henholdsvis 'Ritchie', en almindelig rajgræs, der er tetraploid med middeltidlig akssætning og en fiberfordøjelighed ved kvægfodring lidt over gennemsnittet. Samt 'Hipast', der er en rajsvingel-græs, der har en ekstra høj fiberfordøjelighed ved kvægfodring. De er udvalgt for at se om biogasudbyttet følger forskellen i fiberfordøjelighed. Pulpen er opnået som et sideprodukt ved ekstraktion af protein fra optøede prøver af hel græs der har været opbevaret ved -20 °C. De optøede prøver er kørt gennem en dobbelt-skruepresse (Angel® Juicer, South Korea) hvorved pulpen er separeret fra proteinjuice. Pulpen er efterfølgende tørret i varmeskab ved 65 °C i 24 timer. Den tørrede pulp er formalet i en knivmølle med standard sold på 1,0 mm (Retsch SM 300, Tyskland). I nedenstående tabel 1 ses specifikation på testmasserne :

*Tabel 1: Nummer, navn, afgrødetype og høsttidspunkt for de fire testmasser*

19-5-06 Cut1	19-5-06 Cut3	19-3-15 Cut1	19-3-15 Cut3
Ritchie	Ritchie	Hipast	Hipast
PRG-4N-inter	PRG-4N-inter	LMxFA--	LMxFA--
09-06-21	09-09-21	09-06-21	09-09-21

Nederste talrækker angiver dato for høst af græs til produktionen.

## Resultater af analyser

Der er udført tørstof- og glødetabsanalyser på de modtagne prøver samt på podemassen. Analyseresultaterne er gennemsnit af 2 analyser. Resultaterne af tørstofanalyserne ses i tabel 2:

*Tabel 2: Resultat af tørstofanalyser på pode- og testmasser*

TS og VS	Podemasse	19-5-06 Cut1	19-5-06 Cut3	19-3-15 Cut1	19-3-15 Cut3
Sort		"Ritchie"		"Hipast"	
% TS	6,48	58,90	56,32	64,79	57,33
% VS	4,71	55,75	52,35	62,70	54,26
% aske	1,77	3,15	3,97	2,09	3,07
% VS / TS	72,7	94,7	92,9	96,8	94,6
% aske / TS	27,3	5,3	7,1	3,2	5,4

Podemassen er på biogasanlægget udrådnat til et VS/TS-forhold på 73 %. Dette afspejler en gennemsnitlig god udrådning. Da podemassen i dette tilfælde kommer fra et biogasanlæg, der tilføres store mængder halm og dybstrøelse, kan det målte VS/TS-forhold ses som tegn på en ekstra god udrådning og derfor en forventelig lille gasproduktion fra podemassen. Det bekræftes også af, at podemassen lugter af ammoniak med en svag lugt af gylle.

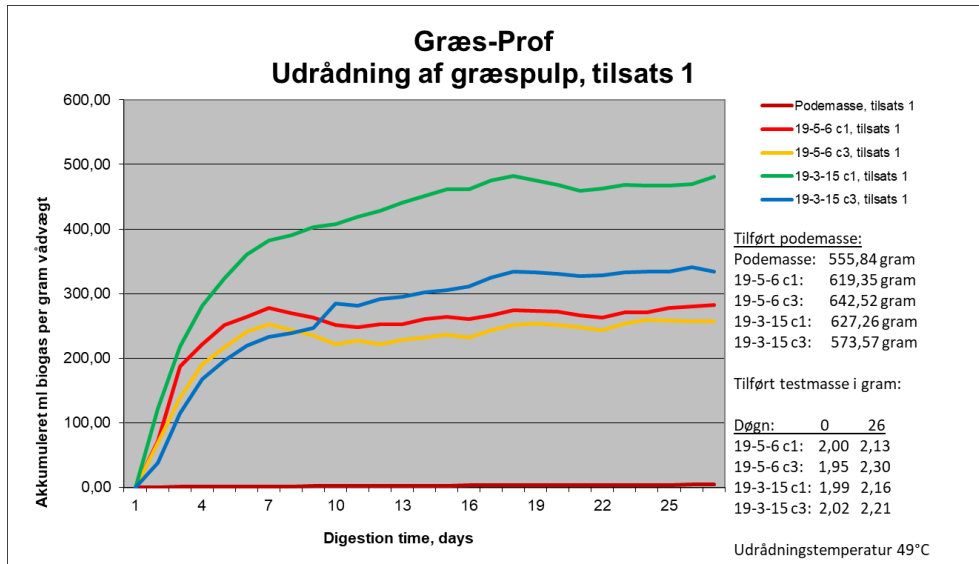
Testmasserne viser et TS-indhold på mellem 56 og 65 % med et VS-indhold på over 90 % og ligger således med et askeindhold som plantemasse i almindelighed. Askeindholdet i plantebiomasse ligger normalt på op til 10 % af TS-indholdet.

Testmasserne afgiver beskeden lugt. Testmasserne fremstår som pulveragtige, ensartede masser.

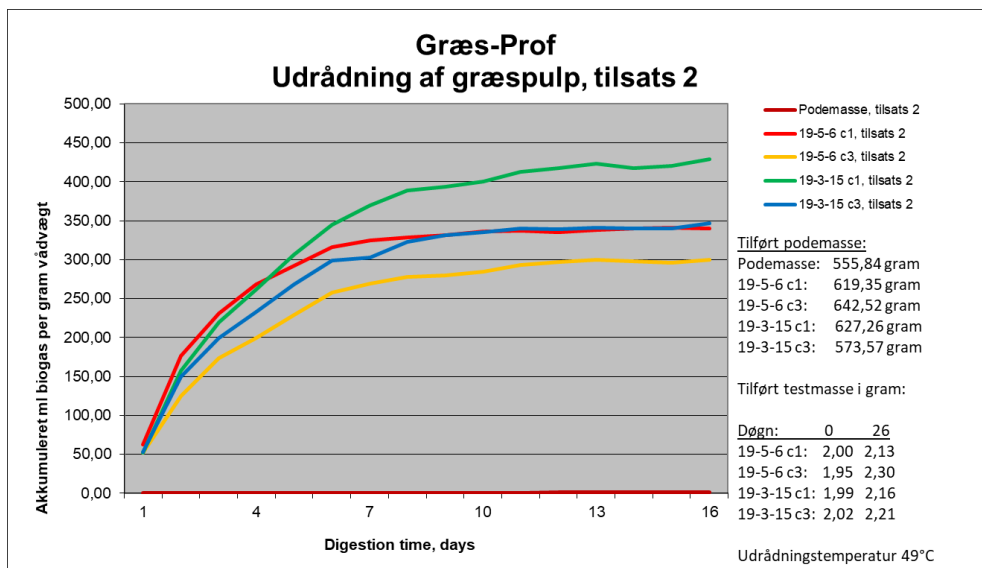
Podemasse og testmasser giver begge en grå, let aske efter udglødning.

## Resultater af udrådningsforsøg

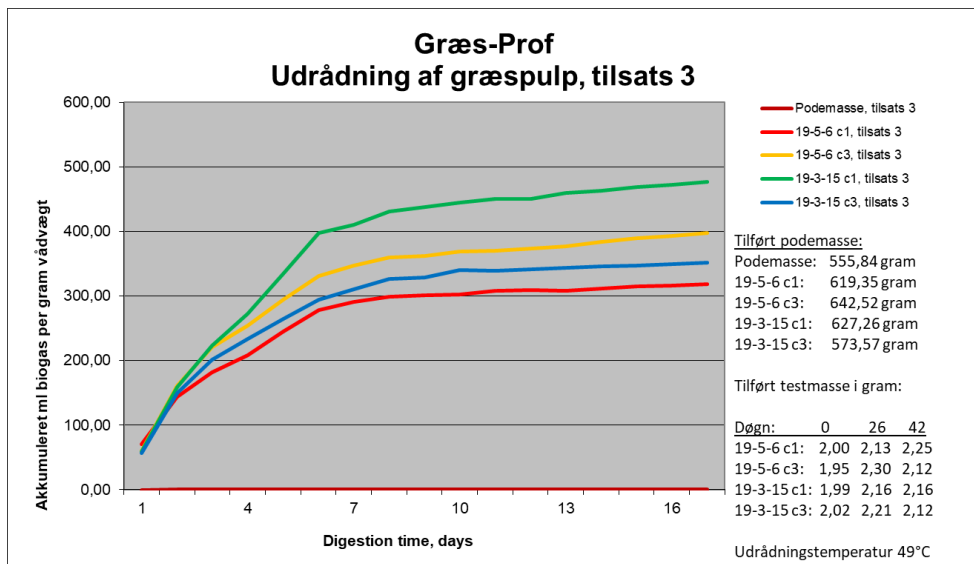
I nedenstående tre diagrammer ses kurver for gasproduktion fra testmasser og podemasse efter de tre tilsætninger af testmasse.



Figur 1: Gasproduktion fra fire testmasser og fra podemasse efter første tilsætning. Milliliter biogas pr. gram tilsat biomasse.



Figur 2: Gasproduktion fra fire testmasser og fra podemasse efter anden tilsætning. Milliliter biogas pr. gram tilsat biomasse.



Figur 3: Gasproduktion fra fire testmasser og fra podemasse efter tredje tilsætning. Milliliter biogas pr. gram tilsat biomasse.

Følgende forhold kan udledes af de tre diagrammer:

- Podemassen viser igennem hele forløbet en yderst beskedne biogasproduktion i forhold til testmassen, hvilket er i overensstemmelse med det relativt lave indhold af organisk materiale i tørstoffet.
- Biogasproduktionen fra testmasserne ses for alle tre tilsætser at forløbe efter en ideel hyperbolsk kurve, hvilket afspejler et godt udrådningforløb. Dog standser gasproduktionen fra "Richie"-prøverne 19-5-06 Cut1 og 19-5-06 Cut3 allerede efter det 7. døgn i første tilsæt. Det er ikke umiddelbart forklareligt.
- Gasproduktionen klinger af efter døgn 18 i første tilsætning, efter døgn 16 i anden og efter døgn 13 i tredje tilsæt. Dette svarer til en helt normal tilvænnning af bakterierne til omsætning af testmasserne.

At udrådningkurverne går hurtigt op allerede ved første tilsæt viser desuden, at podemassen ikke behøver tilvænnning for at omsætte testmassen, og at testmassen udrådner relativt hurtigt. Dette er karakteristisk for en biomasse hvor en stor del af massen er ganske let omsættelig og der er en gennemsnitligt høj omsættelighed. Et forhold der ofte ses i græsbiomasser..

I tabel 3 er tallene for den specifikke gasproduktionsværdier for podemasse og testmasser beregnet som et gennemsnit af produktionen ved de tre tilsætninger.

Tabel 3: Specifik gasproduktion for de fire testmasser i gennemsnit for tre tilsætser.

Testresultater	Podemasse	19-5-06 Cut1	19-5-06 Cut3	19-3-15 Cut1	19-3-15 Cut3
Sort		"Richie"		"Hipast"	
M <sup>3</sup> biogas / ton masse	6,1	314	319	461	344
M <sup>3</sup> biogas / ton TS	94	533	567	712	601
M <sup>3</sup> biogas / ton VS	129	563	610	736	635

Det ses, at podemassen giver en meget lav gasproduktion. Denne gasproduktion fra podemassen er fratrukket i værdierne for testmasserne.

Testmasserne giver generelt en særdeles høj biogasproduktion på over 300 m<sup>3</sup> biogas / ton masse i foreliggende form og 6-700 m<sup>3</sup> biogas / ton VS. Det kan sammenlignes med, at dybstrøelse med

tilsvarende tørstofindhold giver omkring 230 m<sup>3</sup> biogas / ton i foreliggende form og omkring 460 m<sup>3</sup> biogas / ton VS.

Hipast-prøverne ligger for alle tre variable og især i første slæt betydeligt højere end Richie-prøverne, hvilket kunne hænge sammen med, at Hipast også har en højere fiberfordøjelighed end Richie. En del af effekten skyldes sandsynligvis også at prøven fra Hipast i 1. slæt har det højeste indhold af såvel TS som VS.

Kurver for biogasproduktionen for de enkelte tilsatser og som funktion af TS ses i bilag 1 og som funktion af VS i bilag 2.

## Gassammensætning og metanproduktion

Der er ikke foretaget analyse af gassammensætningen. Den producerede biogas lugter ikke videre af svovlbrinte, der således forventes at være lav, formentlig i størrelsesordenen 100 ppm.

Det forventes, at massen langt overvejende består af relativt lange kulhydratbaserede kæder med ligninindhold og med et lavt indhold af protein og olier. På basis heraf vurderes det, at metan-koncentrationen i massen er i størrelsesordenen 54,5 %. Podemasse giver normalt biogas med cirka 65% metan.

Dette giver følgende forventede metanproduktion ved omregning fra tabel 3:

*Tabel 4: Produktion af metan beregnet ud fra målt biogasproduktion og en anslået metan-procent*

Forventet metanproduktion	19-5-06 Cut1	19-5-06 Cut3	19-3-15 Cut1	19-3-15 Cut3
	"Richie"		"Hipast"	
Nm <sup>3</sup> metan / ton masse	171	174	251	187
Nm <sup>3</sup> metan / ton TS	290	308	387	327
Nm <sup>3</sup> metan / ton VS	307	332	400	345

## Gasproduktion i fuldskala-anlæg

Den hurtige gasproduktion, der er set i disse tests, lige fra første tilsats og det høje niveau af gasproduktion per ton biomasse såvel som per TS eller VS, giver forventning om, at fiberkage (pulp) fra græsproteinanlæg vil være en meget attraktiv biomasse til brug i biogasproduktionen.

I praksis må man forvente, at på biogasanlæg, der ikke er højt belastet, vil gasproduktionen kunne nå cirka 90% af den produktion, der er opnået i laboratoriet.

Manuskript 12. juli 2022      Redigering 23. december 2022

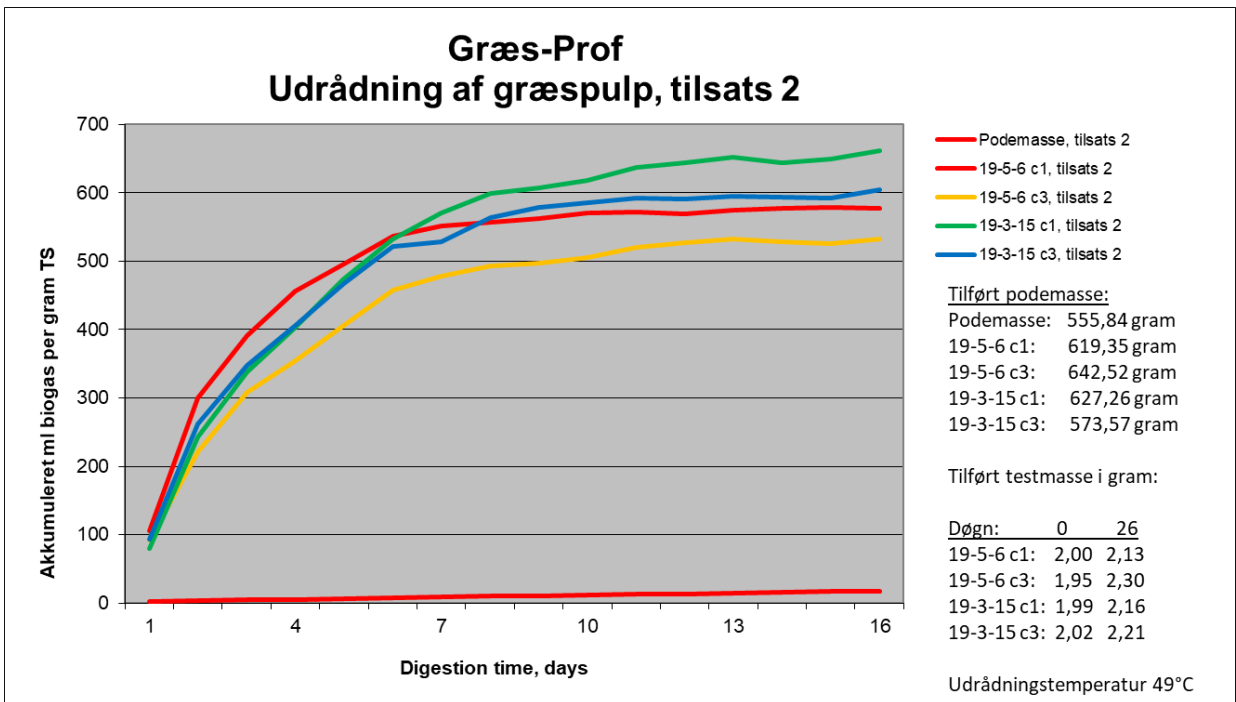
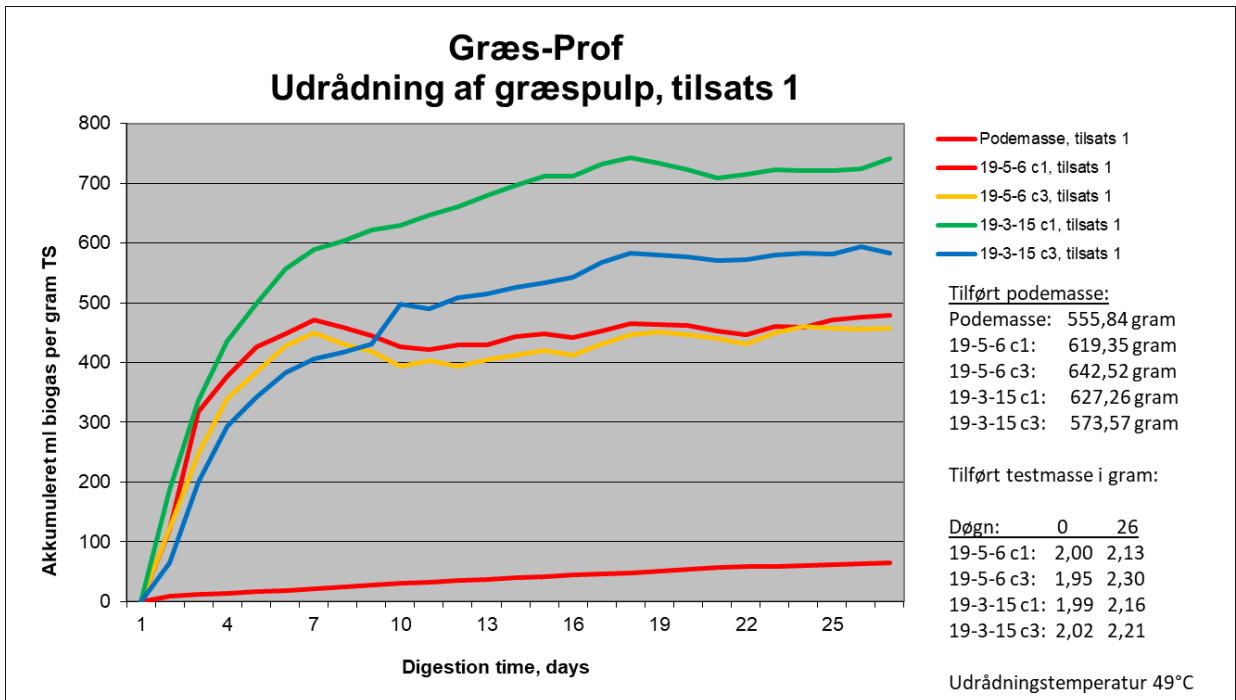
/ Noe

/ eikf

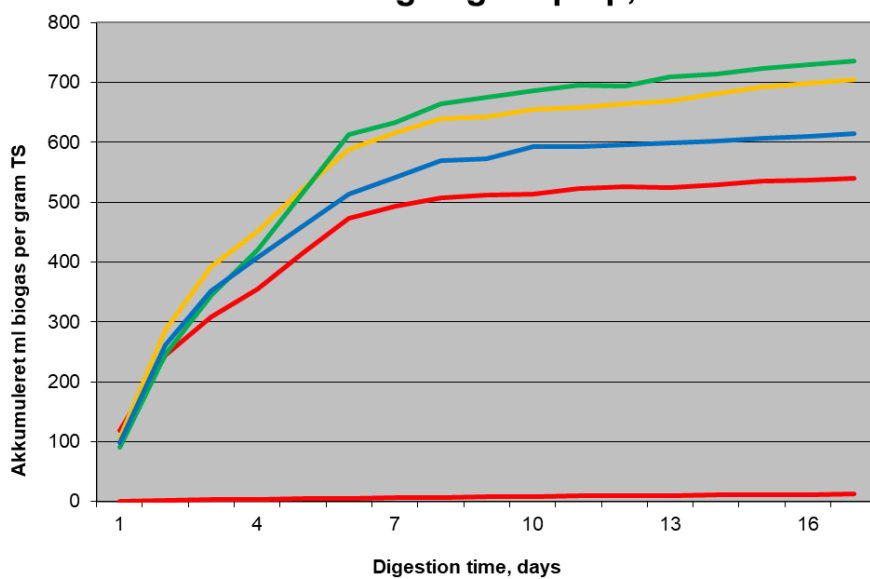
Projektet "Værdiskabelse med græsprotein (Græs-prof)" har modtaget tilskud fra Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram under Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Promilleafgiftsfonden for Landbrug.

# Bilag 1.

Kurver for gasproduktion fra testmasse på basis af TS.



## Græs-Prof Udrådning af græspulp, tilsats 3



- Podemasse, tilsats 3
- 19-5-6 c1, tilsats 3
- 19-5-6 c3, tilsats 3
- 19-3-15 c1, tilsats 3
- 19-3-15 c3, tilsats 3

**Tilført podemasse:**

Podemasse: 555,84 gram  
 19-5-6 c1: 619,35 gram  
 19-5-6 c3: 642,52 gram  
 19-3-15 c1: 627,26 gram  
 19-3-15 c3: 573,57 gram

**Tilført testmasse i gram:**

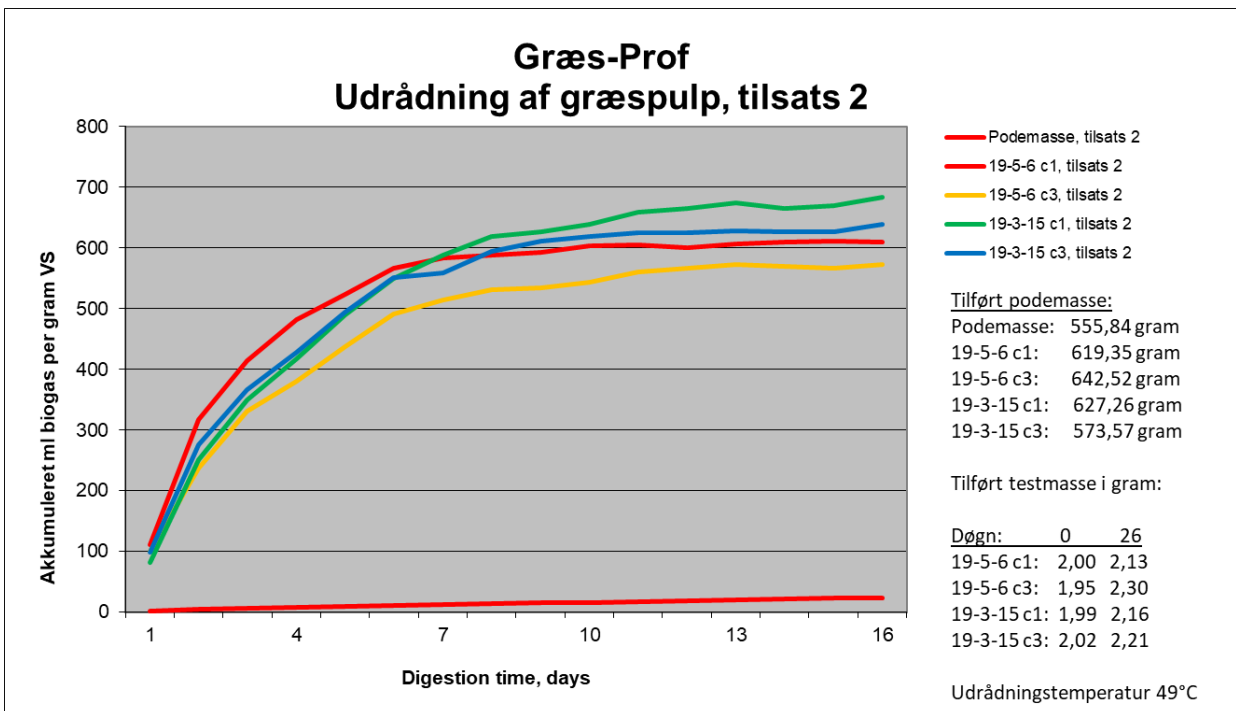
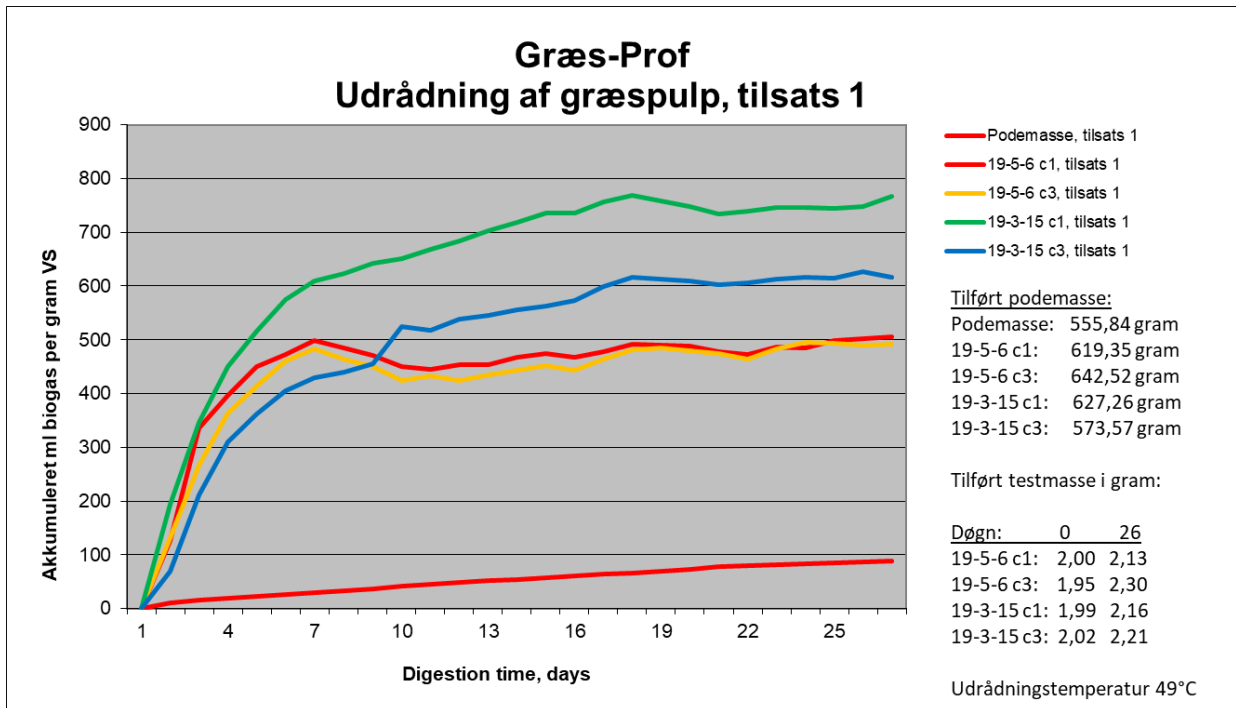
Døgn:	0	26	42
19-5-6 c1:	2,00	2,13	2,25
19-5-6 c3:	1,95	2,30	2,12
19-3-15 c1:	1,99	2,16	2,16
19-3-15 c3:	2,02	2,21	2,12

Udrådningstemperatur 49°C

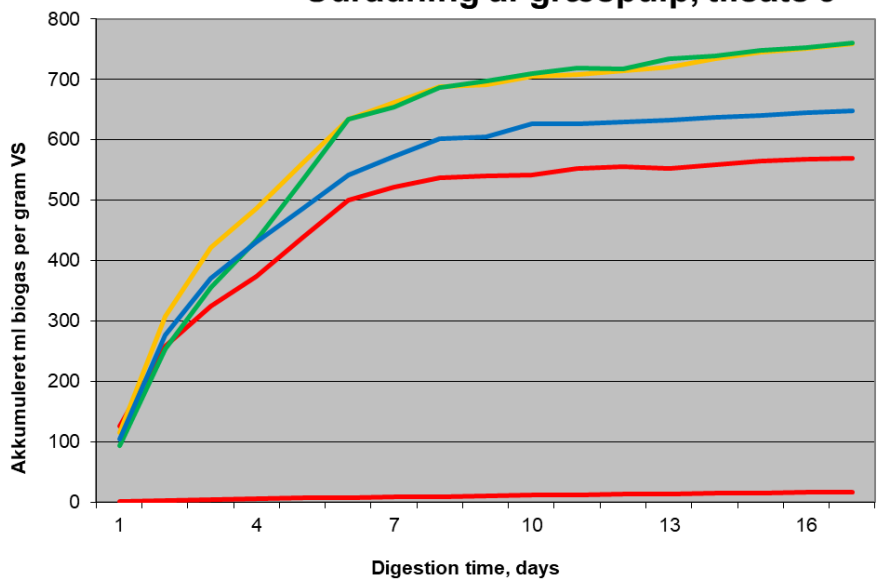


## Bilag 2.

Kurver for gasproduktion fra testmasse på basis af VS.



## Græs-Prof Udrådning af græspulp, tilsats 3



- Podemasse, tilsats 3
- 19-5-6 c1, tilsats 3
- 19-5-6 c3, tilsats 3
- 19-3-15 c1, tilsats 3
- 19-3-15 c3, tilsats 3

Tilført podemasse:

Podemasse: 555,84 gram  
 19-5-6 c1: 619,35 gram  
 19-5-6 c3: 642,52 gram  
 19-3-15 c1: 627,26 gram  
 19-3-15 c3: 573,57 gram

Tilført testmasse i gram:

Døgn:	0	26	42
19-5-6 c1:	2,00	2,13	2,25
19-5-6 c3:	1,95	2,30	2,12
19-3-15 c1:	1,99	2,16	2,16
19-3-15 c3:	2,02	2,21	2,12

Udrådningstemperatur 49°C