Bioforsurede gyllefibre som alternativ til sand i sengebåse.

Betydning for mikrobiologi i strøelsen, ammoniak samt biogaspotentiale.

TEKNOLOGISK INSTITUT

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Undersøgelse af bioforsurede gyllefibre,fremstillet vha. melasse-tilsætning efter gylleseparation med henblik på at sænke pH i strøelsen og derved sikre rene dyr, høj mælkekvalitet, lavt smittepres samt øget biogaspotentiale sammenlignet med anvendelse af sand i sengebåse.

"FIBERLOOP"
Bioforsurede gyllefibre som alternativ til sand i sengebåse

Betydning for mikrobiologi i strøelsen, ammoniak
samt biogaspotentiale.

Udarbejdet for:
Cirtech A/S og Linkogas A/S

Udarbejdet af:
Teknologisk Institut
Agro Food Park 15
8200 Skejby
Bioressourcer og Bioraffinering
i samarbejde med Aarhus Univertitet.

Projektet er støttet af:

Miljø- og Fødevareministeriet
gudp

05.02.2020

Forfatter: Arne Grønkjær Hansen Louise Hjort Nørremark, Christian Holst Fischer Jørgen Hinge og Kurt Hjort Gregersen

TEKNOLOGISK
INSTITUT

1. Indhold

2. Baggrund 5
3. Formål 6
4. For-undersøgelser. 7
5. Fremstilling af fibre 9
5.1. Separation og varmebehandling 9
5.2. Bioforsuring 12
5.3. Vrapning 14
6. Anvendelse af fiber i forsøgsstald 16
7. Mikrobiologiske undersøgelser, prøver fra stald og lager 19
7.1. Resultat af mikrobiologiske undersøgelser, Eurofins 20
7.2. Resultater, q-PCR DNA analyse. 22
..... 23
7.3. Delkonklusion 31
8. Tøndeforsøg med gylle og fibertilsætning. 31
8.1. Delekonklusion tøndeforsøg 33
9. Biogaspotentiale i rå og forsurede fibre. Analyserapport for tre vrapballe-prøver og tre sengebåse prøver (Udarbejdet af Christian Holst Fischer) 34
9.1. Metode 34
9.2. Resultater 35
9.3. Del-konklusion, gaspotentiale. 40
10. Økonomianalyse af forskellige scenarier til anvendelse af ensileret fiberfraktion som strøelse hos malkekøer til erstatning af sand i sengebåse (af Kurt Hjort Gregersen og Jørgen Hinge) 40
10.1. Indledning 41
10.2. Formål 41
10.3. Metode 41
10.4. Separering 42
10.5. Hygiejnisering/tørring 43
10.6. Ensilering (bioforsuring) og lagring 48
10.7. Sandvask 49
10.8. Transport 50

10.9. Indtægter 50
10.10. Resultater 52
10.11. Diskussion og konklusion 54
11. Konklusion, hovedresultater. 54
12. Litteratur 55

2. Baggrund

Danske Mælkeproducenter anvender i stigende grad sand i stedet for halm, træspåner eller gyllefibre som strøelse i sengebåse til malkekøer. Det skyldes, at sandet sikrer god liggekomfort og rene dyr, og da sand ikke indeholder organisk stof, er bakterievæksten i sandstrøelsen relativt begrænset, under forudsætning af, at der er godt management omkring rengøring af sengebåse og tildeling af frisk sand. Landbrug, hvor der anvendes sand, har imidlertid højere omkostninger pr. ko end tilsvarende landbrug hvor der anvendes gyllefibre, og de har ofte ikke mulighed for at afsætte gylle til biogasanlæg uden at skulle investere i anlæg til sandvaskning. Sand resulterer desuden i øget slid på skrabere og pumper i stald og i transportvogne, hvilket nedsætter levetid på teknikken. Gylle fra besætninger som anvender sand og som transporteres til biogasanlæg uden forudgående sand-separation, har lavere biogaspotentiale pr. m3 rågylle og desuden er det tungere at transportere. Når biogasanlæg udelukker mælkeproducenter, som anvender sand fra at levere gylle til biogasanlæg, betyder det også, at de skal skaffe erstatningsgylle fra andre brug, oftest på større afstande. Da større udnyttelse af gylle til biogasproduktion er en vigtig del af målsætningen om et mere klimavenligt kvægbrug, er det vigtigt at finde egnede strøelsesmaterialer, der har et biogaspotentiale eller i det mindste ikke udelukker anvendelsen til biogas.

Der er meget forskellige erfaringer med at anvende friske gyllefibre fremstillet på daglig basis til anvendelse som strøelse. Der er f.eks. stor forskel på hvor store mængder der anvendes (Farmtest nr.98). Når mælkeproducenter vælger at skifte fra anvendelse af sand eller halm til gyllefibre i sengebåsene sker det oftest uproblematisk, men i nogle besætninger ses forhøjede celletal i mælk eller forekomst af alvorlige sygdomme f.eks. Klebsiella, E-coli eller streptocok infektioner (Bradley et. Al 2014; New Brunswick Dairy Bedding Manual, 2012).

Nogle landmænd som anvender gyllefibre i sengebåsene formår også at opretholde god hygiejne og sundhed i besætningen, men ønsker at outsource opgaven med fremstilling af fibre eller at kunne fremstille til flere dage ad gangen. Der er eksempler på, at landmænd anvender udenlandske maskinstationer til dette formål, hvilket kan øge risiko for at transportere sygdomme fra en ejendom til en anden og måske også over grænser, hvis maskinerne ikke er rengjort ordentligt. Cirtech A/S har modtaget ønsker fra kunder om produktion af store mængder, og har bl.a. overvejet at anbefale en tysk metode, hvor gyllefibrene presses sammen inden overdækning med presenning. Derved skulle man undgå, at fiberen tager varme, og det kan anvendes over lidt længere tid. I nærværende projekt udvikles en metode til mere sikker konservering vha. bioforsuring med melasse og lufttæt opbevaring som ”ensilage”, hvorved holdbarheden i lager øges yderligere ligesom biogaspotentialet. Selve bioforsuringen forventes også at bidrage lavere pH i gylle og til højere biogas produktion, hvis de organiske syrer undgår nedbrydning, inden de kan udnyttes til metan fremstilling på biogasanlæg. I de tilfælde hvor fiberen kan fremstilles på ejendommens eget gårdbiogasanlæg, kan der opnås dobbelt udrådning af en del af fiberen (”fiberloop”) og derfor opnås endnu højere gasudbytter. Endelig er der perspektiver i at fremstille gyllefibre på biogas fællesanlæg og tilbageføre dem til landmænd i leverandørkredsen, men det vil kræve ændring af nuværende veterinære EU-regler og verifikation af den hygiejniseringsteknik som anvendes efter biogasanlæg.

Det er primært i sommerhalvåret, at der opstår problemer med opformering af patogene bakterier i fiberstrøelsen. Mange ejendomme i UK, USA og Canada anvender dog rå gyllefibre

under varmere klimatiske forhold uden større problemer. Men her anvendes dog typisk dobbelt så store mængder gyllefiber, som i danske besætninger, og der arbejdes meget med rådgivning vedr. management omkring tildeling og bearbejdning med rive for at sikre et løst materiale og et større ”flow” af fibre, så der ikke opstår en sammenpresset ”måtte” af fibre under koen. (Pers. Medd. dyrlæge T. Bennedgaard).

3. Formål

Projekts formål er at udvikle ’bioforsuret patogenfri fiberstrøelse’ til kvæg som en del af et koncept med recirkulering af fibre som strøelse i sengebåse til malkekøer - og videre som biogassubstrat sammen med den friske gylle fra stalden. Det undersøges om bioforsurede gyllefibre har mindre risiko for opformering af bakterier end friske fibre, om de kan fremstilles og lagres til længere tids forbrug som erstatning for sand i sengebåse til malkekøer. Desuden er formålet at undersøge, om det lave pH i strøelse frembragt ved bioforsuring med melasse kan sænke pH i gyllen og dermed hæmme ammoniakemission fra stalden.

Recirkulering, hvor fibrene efter gylleseparation dels udsættes for organiske syrer fra ensileringen samt dobbelt udrådning i biogasanlæg forventes at kunne resultere i øget biogasudbytte af kvæggyllen, dels fra de u-omsatte fibre, og dels fra de sukkerholdige restprodukter, der tilsættes inden lagring, hvor de omdannes ved mælkesyrefermenteringen.

Recirkulering af gyllefibre til egen kostald vil give mulighed for markant større ressourceudnyttelse af gyllen til biogas produktion, idet mange biogasanlæg i dag nægter at modtage gylle fra besætninger, der anvender sand, med mindre man kan fraseparere sandet inden afhentning til biogasanlæg.

Målet i dette projekt er at udvikle et koncept til fremstilling af bioforsuret strøelse til flere ugers forbrug ad gangen og som har effektiv hæmning af patogene bakterier i sengebåsene.

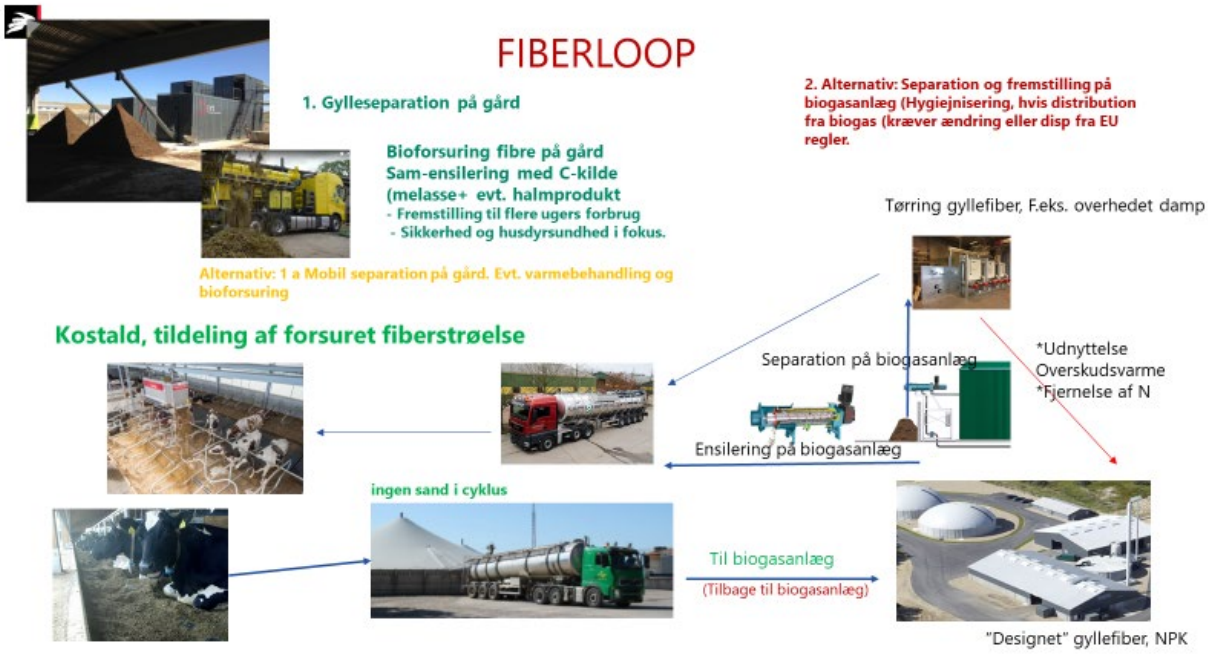
Det forventes at bioforsuring på sigt skal foretages i køresiloer, men i nærværende forsøg er der anvendt opbevaring i plastik-vrap af hensyn til håndtering af de mindre mængder, der blev anvendt til forsøg ved AU, Foulum.

Der er perspektiver for på længere sigt at videreudvikle konceptet til at omfatte fremstilling af et kontrolleret, deklareret gyllefiberprodukt fremstillet centralt på biogasfællesanlæg, med henblik på distribution i første omgang til den gruppe landmænd, der leverer og modtager gylle fra anlægget. Denne praksis vil dog kræve en ændring eller dispensation fra de nuværende EU-regler på området, hvilket først er muligt med en dokumentation for en fuldstændig hygiejnisering forud for bioforsuringen, og dette vil kræve en ændring af de nuværende EU-regler, som er udmøntet i biproduktforordningen. *Distributionen vil desuden muliggøre en bedre fordeling af næringsstoffer, hvilket er en fordel især i forhold til at fordele overskud af N og P.*

Resultatet af projektet er i første omgang at udvikle et koncept til fremstilling af bioforsurede fibre på de enkelte landbrug med eller uden tilhørende gårdbiogasanlæg. På længere sigt vil fremstilling af patogenfri, bioforsuret og tørret fiberstrøelse distribueret fra fælles biogasanlæg måske være en mulighed som kan udvikles med udgangspunkt i erfaringer fra forsøgsresultater i FIBERLOOP projektet. Hvis gyllefibre på sigt skal produceres fællesbiogasanlæg skal varmebehandlingen være verificeret og sikker for at kunne garantere drab af bakterier og

virus. Konceptet/fiberstrøelsen skal sikre en bedre ressourceudnyttelse og økonomi, en bedre kvægsundhed og have klare miljøfordele.

Projektet er gennemført af virksomheden Cir-Tech i samarbejde med Teknologisk Institut og Linkogas A.m.b.a. Desuden har AST deltaget i fremstilling af de tørrede og afgassede gylle-fibre ved biogas forsøgsanlægget på Foulum. Forsøg med anvendelse af fiber i sengebåse til køer blev gennemført i forsøgsstald ved Aarhus Universitet, som også har deltaget med daglig pasning af dyr, vurdering af renhed af dyr, samt kontrol af mælkekvalitet. AUs arbejde er af-rapporteret i vedlagte delrapport (Appendix1).



Figur 1 Illustation af Fiberloop koncept.

4. For-undersøgelser.

Teknologisk Institut gennemførte i 2019 først nogle indledende forsøg i laboratorieskala med henblik på undersøgelse af optimal dossering af forgærbare sukre til bioforsuring (ensilering) af gyllefibre. Som sukkerkilde blev anvendt melasse. De anvendte fibre var separeret på en kvægejendom, hvor man i forvejen anvender Cir-Tech skruepresse til separation af gylle. Melassetilsætningen blev efterfulgt af vacuum pakning i poser med ca. 500 g. fibre. Det resulterede i en konservering af gyllefibrene med en sænkning af pH til ca.5. Ved dette pH opstod der ikke problemer med gasdannelse i poserne, hvilket forekom i enkelte tilfælde for prøver med højere pH. På bagrund af forsøgene blev en tilsætning af melasse på ca. 8 % af vægt valgt som den bedste behandling i de op-skalerede forsøg ved stald.
Ved måling af pH i de efterfølgende fuldskalaforsøg blev der målt pH fra 4,5-5,5 efter lagring i op til 7 uger i vrap. Dette bekræftede således at dosseringen var tilstrækkelig til at skabe et stabilt Ph.

Figur 2 Vaccuum pakkede gyllefibre, bioforsuret med 8 % melasse

Tabel 1

Tørstof test 1

Prøvetype/prøveID	Digel	Prøve (uden digelvægt)	Prøvevægt (med digel)	Digel + prøve	(efter ovn)	Tørstof	TS%	Gennemsnit
A	5,300	20,021	25,321		13,121	7,821	39,064	
B	6,579	20,029	26,608		14,432	7,853	39,208	
C	5,021	20,017	25,038		13,003	7,982	39,876	39,383

Tørstof test 2

Prøvetype/prøveID	Digel	Prøve (uden digelvægt)	Prøvevægt (med digle)	Digel + prøve (efter ovn)	Tørstof	TS%	Gennemsnit
A	5,400	20,080	25,480	13,430	8,030	39,990	
B	6,640	20,030	26,670	14,640	8,000	39,940	
C	5,040	20,030	25,070	13,150	8,110	40,489	40,140

Tabel 2 pH efter bioforsuring med melasse i forskellige doser til gylle separeret med Börger skruepresse.

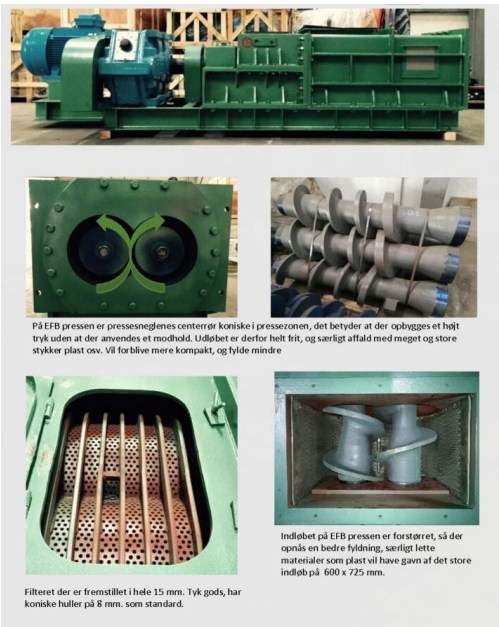
Nummer	Behandling	Genta-gelse	Ensile-ringstid	Gram melasse pr. 500 g. fiber	Dato opstart	Dato pH måling	pH	Temp.
1	Ubehandlet fiber	A	2 uger	0	20.12.2018	3.1.2019	7,53	10,8
2	Ubehandlet fiber	B	2 uger	0	20.12.2018	3.1.2019	7,26	10,9
3	Ubehandlet fiber	C	2 uger	0	20.12.2018	3.1.2019		
4	Melasse 5%	A	2 uger	37,5	20.12.2018	3.1.2019	5,54	10,8
5	Melasse 5%	B	2 uger	37,5	20.12.2018	3.1.2019	5,18	10,8
6	Melasse 5%	C	2 uger	37,5	20.12.2018	3.1.2019	5,23	10,7
7	Melasse 7%	A	2 uger	52,5	20.12.2018	3.1.2019	5,15	10,9
8	Melasse 7%	B	2 uger	52,5	20.12.2018	3.1.2019	5,25	10,8
9	Melasse 7%	C	2 uger	52,5	20.12.2018	3.1.2019		
10	Melasse 9%	A	2 uger	67,5	20.12.2018	3.1.2019	5,17	10,7
11	Melasse 9%	B	2 uger	67,5	20.12.2018	3.1.2019	5,08	10,7
12	Melasse 9%	C	2 uger	67,5	20.12.2018	3.1.2019		
pH i fiber v. opstart:		8,33/	T=16,5°					
TS i fiber v. opstart:		40,14%						

5. Fremstilling af fibre

5.1. Separation og varmebehandling

Fibre til forsøget blev fremstillet vha. 2 typer skruepresser, som forhandles af CirTech, nemlig en Börger og en såkaldt Twin skruepresse. På forsøgsanlægget ved Foulum er de to separatorer sat i kombination, så der opnås højere tørstofprocenter i fiberen efter passage gennem begge systemer. Desuden er der mulighed for en tredje behandling ved varmebehandling af fibrene i et tørreanlæg fra AST. Sidstnævnte blev kun anvendt til at fremstille fibre fra gylle der havde været igennem biogasanlægget. Det primære formål var en varmebehandling, men behandlingen øgede også tørstofprocenten.

Figur 3 Börger skruepresse



Figur 4 Twin skrupresse

Figur 5 Separeret gylle fra Börger og Twin skruepresse ved forsøgsanlæg i Foulum

Figur 6 Delvist tørret gylle fra AST tørreanlæg efter to-trins skruepresning

5.2. Bioforsuring

Figur 7 forsøg med tilsætning af 8 % melasse

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Tabel 2 Tørstof og N P K analyser af forskelligt behandlet fiber.

Prøve ID	Fiber beskrivelse	Tss	Tot N (kg/ton)	Ammonium - N (kg/ton)	Phosphor (kg/ton)	Kalium (kg/ton)
8725	Afgasset inden wrap	42,76	7,09	1	0,94	2,34
8726	Tørret, afg. fiber+8% melasse, udtaget af wrapballe fra forsøgsstald.	60,16	9,73	0,49	1,53	6,95
8727	Væskefraktion fra det afgasset fiber inden Börger	4,41	3,78	1,79	0,44	2,9
8728	Melasse	71,37	16,19	0,4	0,03	30,05
8729	Friske fiber inden wrap	34,4	5,48	0,93	1,07	2,59
8730	Friske+bioforsuret inden wrap	38,6	6,4	0,87	1,05	5
8955	Rå/friske fiber fra bane 6(A+B) i forsøgsstald	32,42	7,12	0,36	1,43	4,72
8956	Sand fra bane 2 (A+B) i forsøgsstald	90,65	0,85	0,05	0,29	0,63
8957	Afgasset+forsuret fra bane 5 (A+B) i forsøgsstald	60,39	10,79	0,3	2,03	10,54
8958	Rå/frisk+forsuret fra bane 3(A+B) i forsøgsstald	43,29	10,1	0,19	1,75	8,15
8959	Wrapballe/bunke fiber RÅ	36,35	5,5	1,48	1,17	2,49
8960	Wrapballe/bunke fiber Rå+forsuret	40,57	6,8	1,44	1,15	5,45
8961	Wrapballe/bunke fiber fra afgasset+forsuret	40,2	6,95	1,36	1,05	4,89
8962	Sand bunke til sengebås	93,35	0,07	0,04	0,15	0,17

5.3. Vrapning

Til forsøget blev gyllefibre iblandet melasse og vrappet med plastic i rundballer af hensyn til den efterfølgende håndtering i forsøgsstald, hvor 3 forskellige typer fibre samt sand skulle testes som strøelse i sengebåse. Metoden til bioforsuring vurderes ikke at være ideel ved fuldkala bioforsuring i praksis, idet der vil være et meget højt forbrug af plastic. Linkogas har tidligere gennemført forsøg med ensilering af forskellige produkter sammen med gødning i køresiloer. Vurderingen på baggrund deraf er at det vil kunne lade sig gøre.

Figur 8 Nærlager af bioforsuret gyllefiber uden for

Figur 9 Sand lagt på nærlager ved stald

6. Anvendelse af fiber i forsøgsstald

Forsøg med strøelsestyper blev gennemført ved Forsøgsstalden på Foulum.
Århus Universitet deltog dels med det praktiske arbejde med pasning af køer, udtagelse af prøver i samarbejde m. TI og kyndig rådgivning T. Bennedgaard fra kvægdylægerne i Himmerland /"Dyrlæge og Ko".
Desuden gennemførte AU undersøgelser af dyrenes renhed samt mælkekvalitet (se appendix 1)
Fibrene blev tildelt i bunker i sengebåsene med en knækstyret læsser og efterfølgende udlagt i jævnt lag på ce 15 cm med skov og rive.
Sengebåsene var forinden blevet ændret fra madrasser til kummer med høj bagkant jf. anbefalinger (Kromann, 2015).

Der blev dagligt skrabet gødning og vådt materiale ud af sengebåsene og tildelt nye fibre.
Gangareal ved sengebåse blev renholdt af linespil med skraber på fast gulv. (se billede).

Figur 10 Sengebås med sand før rengøring

Som kontrol blev der oprettet en gruppe, som fik sand.
Ved alle sengebåse var bagkant forinden forhøjet efter fjernelse af udslidte madrasser.
Der var 12 køer i hver gruppe. Dog var der ikke fremstillet tilstrækkelig mængde varmebehandlet fiber, så denne gruppe blev reduceret til 8 køer ved at afspærre nogle båse. Ud over dette var det ikke forskel på indretning eller behandling.

Figur 11 bioforsuret gyllefiber udlagt i sengebås Udjævnes med skovl/rive.

Figur 12 Gyllefiberstrøelse i sengebåse.

Figur 13. Gyllefiberstrøelse i sengebåse.

7. Mikrobiologiske undersøgelser, prøver fra stald og lager

Der blev over 7 uger udtaget prøver af strøelse 1 gang ugentligt fra alle sengebåse. Prøverne blev udtaget i overfladen ved at skrabe med et plasticbæger diagonalt i området hvor koens yver typisk havde opholdt når koen lå ned. Forud for prøvetagning var der desuden skabet og revet let i overfladen. Der blev udtaget tilsvarende mængder fiber fra lager af hhv. rå fiber, forsuret rå fiber, og forsuret tør fiber efter åbning og udjævning af indhold i vrap-ballerne. Tilsvarende blev der udtaget prøver af sand i både sengebåse hos de 12 køer på sand og i sandlageret. Prøverne blev straks indsendt til mikrobiologiske undersøgelser (dyrkning og bestemmelse af E.coli, og totalkim) ved Eurofins laboratorium i Vejen. Desuden blev der de sidste 4 uger udtaget prøver af strøelsen under yver til bestemmelse af udvalgte patogene bakterier vha. Q-pcr ved DNA-diagnostics i Risskov. Firmaet har specialiseret sig i bestemmelse af bakteriesammensætning vha. qPCR quantitative polymerase chain reaction. Fiberprøverne til qPCR blev udtaget på samme måde som prøver til dyrkning. Før indsendelse blev en delprøve opblandet i vand i vægtforhold 1:20 (fiber**:**vand) og herfra blev udtaget en væskeprøve til laboratoriet efter omrøring og 20 min henstand.

7.1. Resultat af mikrobiologiske undersøgelser, Eurofins

Tabel 3 Resultat af dyrkning på forskelligt behandlede gyllefiber materialer til strøelse samt sand før brug i stald. Varmebehandlede fibre er ikke hygiejniseret effektivt.

DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Separation/varmebehandling og vrap

Uge	bemærk	medie	Prøve nr.	Coliforme	Log(col.)	E. Coli	LogE.col	Aerobe Kim v. 30 gr. 3d.	Log(aerob)
39		Frisk/rå fiber e. Börger	7548	10	1,00	10	1,00	8500000	6,93
39		Frisk/rå med melasse før vrap	7549	140	2,15	10	1,00	140000000	8,15
39		Afgas før varmebeh	7550	10	1,00	10	1,00	66000000	7,82
39		**Afgas efter varmebeh**	**7551**	**1100**	**3,04**	**10**	**1,00**	**4500000**	**6,65**
39		Varmebeh. Med melasse før vrap	7552	3500	3,54	100	2,00	150000000	8,18
39		Frisk/rå gyllefiber	7554	280	2,45	27	1,43	14000000	7,15
41		Frisk rå før vrap	8723	2800	3,45	10	1,00	250000000	8,40
41		Rå, sur før vrap	8724	1400	3,15	500	2,70	250000000	8,40
41		Frisk/rå fra vrapballe	8671	2700	3,43	10	1,00	82000000	7,91
41		Rå, sur , fra vrapballe	8672	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
41		Afgas sur kontrol fra vrapballe	8673	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
41		Sand til strøelse, kontrol	8674	10	1,00	10	1,00	20000	4,30

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Tabel 4 Aerob bakterieforekomst i prøver fra stald uge 41-42 alle over 250 mio (log8.4)

DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

STALDFORSØG u. 41+42				Mikrobiologi, Eurofins					
Uge	**bemærk**	**medie**	**Prøve nr.**	**Coliforme**	**Log(col.)**	**E. Coli**	**LogE.col**	**Aerobe Kim v. 30 gr. 3d.**	**Log(aerob)**
41		rå fra sengebås 6a	8667	120000	5,08	2000	3,30	250000000	8,40
41		rå fra sengebås 6b	8668	40000	4,60	20000	4,30	250000000	8,40
41		rå, sur fra sengebås 3a	8663	15000	4,18	15000	4,18	250000000	8,40
41		Rå, sur fra sengebås 3b	8664	15000	4,18	15000	4,18	250000000	8,40
41		Afgasset, sur fra sengebås 5a	8665	80	1,90	40	1,60	120000000	8,08
41		Afgasset, sur fra sengebås 5b	8666	6300	3,80	6300	3,80	250000000	8,40
41		Sand fra sengebås 2a	8669	180000	5,26	140000	5,15	250000000	8,40
41		Sand fra Sengebås 2b	8670	120000	5,08	90000	4,95	250000000	8,40
42	reanalyse	Rå fra sengebås 6b	8682	120000	5,08	120000	5,08	250000000	8,40
42	reanalyse	rå fra sengebås 6a	8681	130000	5,11	120000	5,08	250000000	8,40
42		rå sur fra sengebås 3b	8678	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
42	Reanalyse	rå, sur fra sengebås 3a	8677	520000	5,72	440000	5,64	250000000	8,40
42		Afgasset, sur fra sengebås 5a	8679	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
42		Afgas, sur, 5b	8680	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
42	Reanalyse	sand fra sengebås 2b	8676	410000	5,61	390000	5,59	250000000	8,40
42		sand fra sengebås 2a	8675	9100	3,96	7000	3,85	250000000	8,40
42		**Frisk/rå fra vrapballe**	8721	1300	3,11	10	1,00	250000000	8,40
42		**afgas sur fra vrapballe**	8719	10	1,00	10	1,00	200000000	8,30
42		**rå, sur fra vrapballe**	8717	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40

Tabel 5 Aerob bakterieforekomst i prøver fra sengebåse i yveromåde. Lavere bakterieforekomst ved rå forsuret og varmebehandlet forsuret strøelse.

DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

STALDFORSØG u. 43				Mikrobiologi, Eurofins					
Uge	bemærk	medie	Prøve nr.	Coliforme	Log(col.)	E. Coli	LogE.col	Aerobe Kim v. 30 gr. 3d.	Log(aerob
43		Sand Sengebås, 2a	8683	5600	3,75	3400	3,53	250000000	8,40
43		Sand Sengebås, 2b	8684	15000	4,18	15000	4,18	250000000	8,40
43		Rå, sur, Sengebås 3a	8685	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
43		Rå, sur, Sengebås 3b	8686	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
43		Afgasset, sur, sengebås 5a	8687	15000	4,18	10	1,00	250000000	8,40
		MANGLER 5b							
43		Rå, sengebås, 6a	8689	15000	4,18	15000	4,18	250000000	8,40
43		Rå, sengebås, 6b	8690	15000	4,18	10	1,00	250000000	8,40
43		Frisk/rå sur fra vrapballe/bunke	8718	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
43		Afgøs, sur, fra vrapballe/bunke	8720	10	1,00	10	1,00	40000000	7,60
43		Rå fra vrapballe/bunke	8722	2400	3,38	10	1,00	250000000	8,40
43		Sand Sengebås, 2a	8683	5600	3,75	3400	3,53	250000000	8,40
43		Sand Sengebås, 2b	8684	15000	4,18	15000	4,18	250000000	8,40
43		Rå, sur, Sengebås 3a	8685	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
43		Rå, sur, Sengebås 3b	8686	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40
43		Afgasset, sur, sengebås 5a	8687	15000	4,18	10	1,00	250000000	8,40
		MANGLER 5b							
43		Rå, sengebås, 6a	8689	15000	4,18	15000	4,18	250000000	8,40
43		Rå, sengebås, 6b	8690	15000	4,18	10	1,00	250000000	8,40
43		Frisk/rå sur fra vrapballe/bunke	8718	10	1,00	10	1,00	250000000	8,40

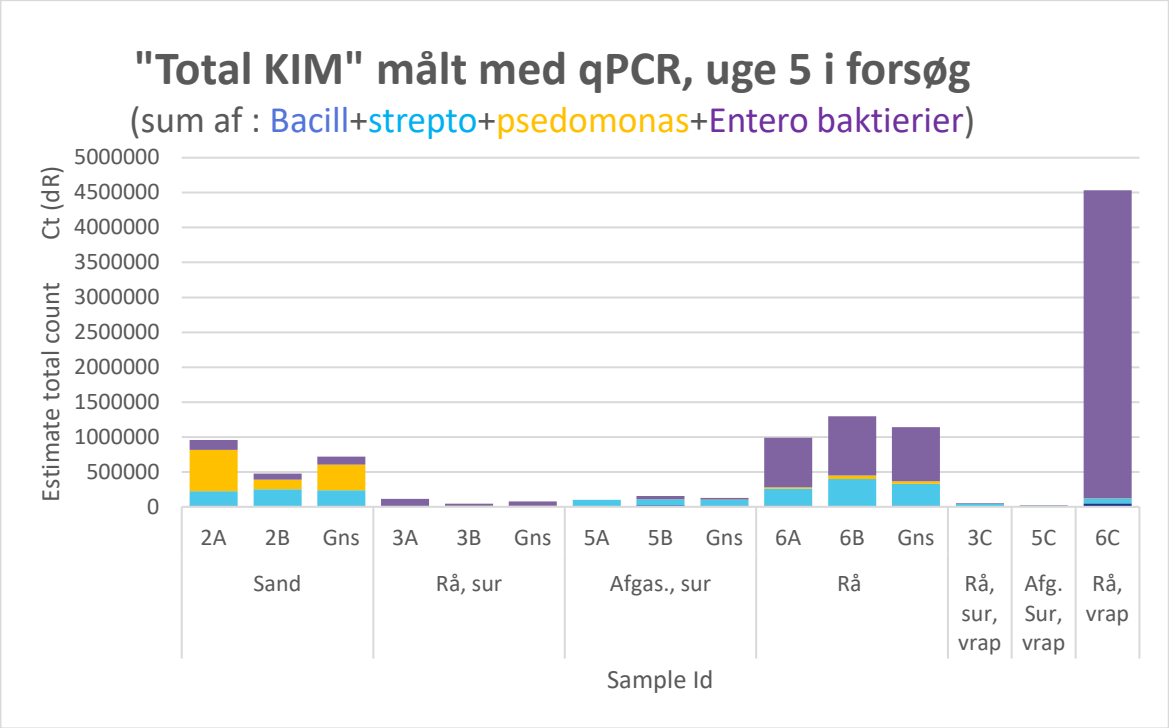
7.2. Resultater, q-PCR DNA analyse.

Ved Qpcr metoden medregnes også døde bakterier. Derfor kan værdierne omregnet til antal komme højere i test end ved dyrkning. I tolkning af resultaterne kan en opgørelse af total kim estimeres ved at sammenlægge de sidste 4 værdier i ressultatet som omfatter bakererieforekomst af arterne Bacillus, clostridium, streptococcus, pseudomonas, enterobacteria og enterococcus. Derudover er det især interessant at se på forekomst af specielt klebsiella, som især frygtes af mækeproducenter som overvejer at anvende fiber.

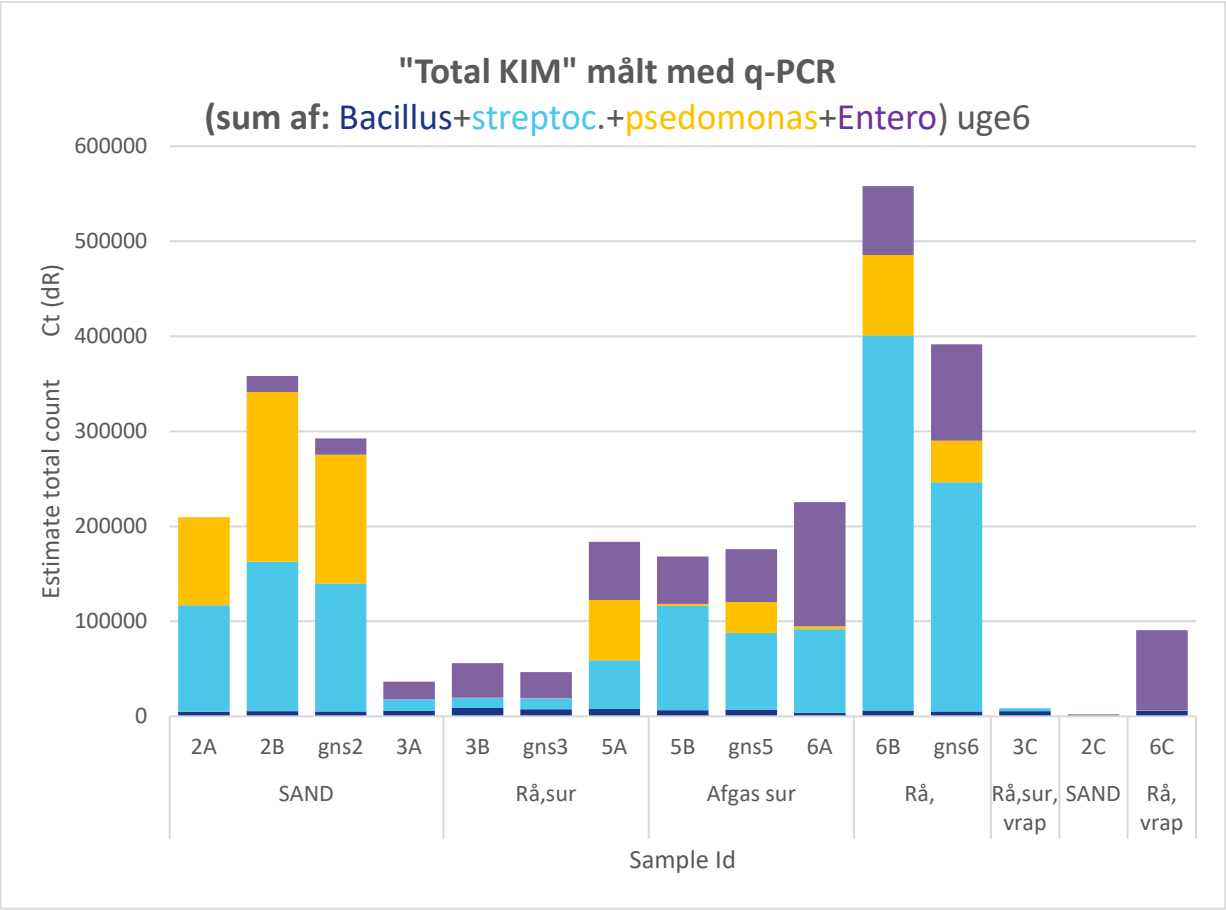
DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Analyse 8 nov. QPCR. Laboratorium: DNA Diagnostics.

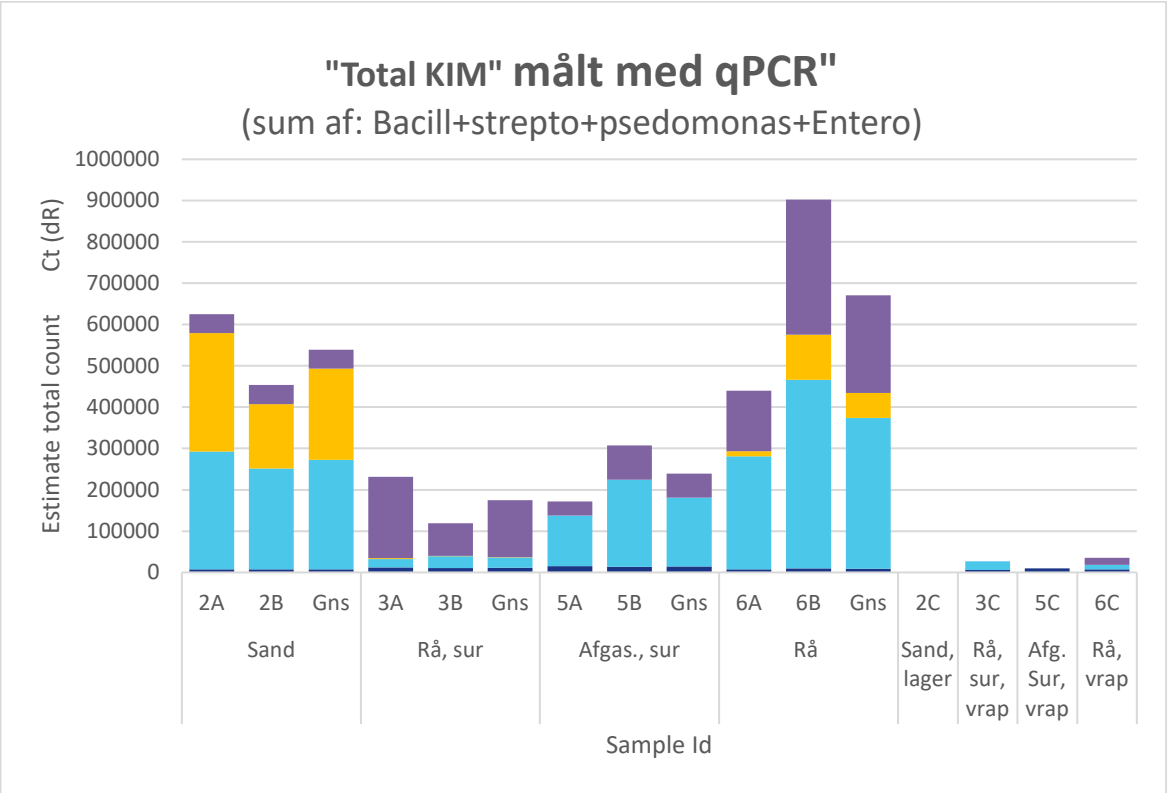
	Sand			Rå, sur			Afgas., sur			Rå			Rå, sur, vrap	Afg. Sur, vrap	Rå, vrap
Sample Id	2A	2B	Gns	3A	3B	Gns	5A	5B	Gns	6A	6B	Gns	3C	5C	6C
Streptococcus uberis Ct (dR)	0	0	0	0	0	0	17	120	68	4934	23233	14083	63	0	33
Streptococcus Agalactiae Ct (dR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Staphylococcus aureus Ct (dR)	240	313	277	87	0	44	0	43	21	0	0	0	0	0	0
Mycoplasma bovis Ct (dR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mycoplasma spesies Ct (dR)	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beta lactamase Ct (dR)															
Coagulase negative staphylococci Ct (dR)	32959	24856	28908	114059	35534	74797	2447318	4495975	3471647	70824	46823	58824	2294	4660	6102
Streptococcus Dysgalactiae Ct (dR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prototheca species Ct (dR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klebsiella species Ct (dR)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44070	48867	46469	0	0	20540
Enterococcus / Lactococcus lactis Ct (dR)	10967	14654	12810	0	0	0	3489	2997	3243	927	2079	1503	140	159	39579
E-coli Ct (dR)	8975	12499	10737	11505	8037	9771	4577	12025	8301	14507	40058	27283	0	0	254560
Bacillus / Clostridium Ct (dR)	18309	13109	15709	15168	15702	15435	15168	21104	18136	19025	14766	16896	13570	15762	51634
Streptococcus species Ct (dR)	206136	239410	222773	0	1	0	85300	89355	87327	239410	384866	312138	30392	0	71206
Pseudomonas Ct (dR)	591378	137707	364542	0	937	469	0	189	94	21400	48415	34908	0	0	272
Enterobacteriacea / Enterococcus. Ct (dR)	141051	87215	114133	97256	27335	62295	0	44779	22389	709417	848884	779151	9802	0	4408514



Figur 14 "Total kim" i forskellige prøver fra sengebåse v. malkekøer målt med q-PCR- DNA analyse uge 5 i forsøgsperiode.

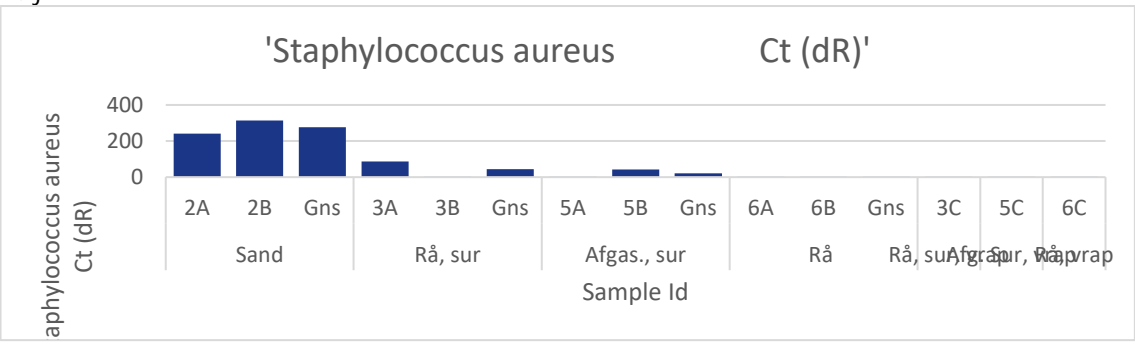


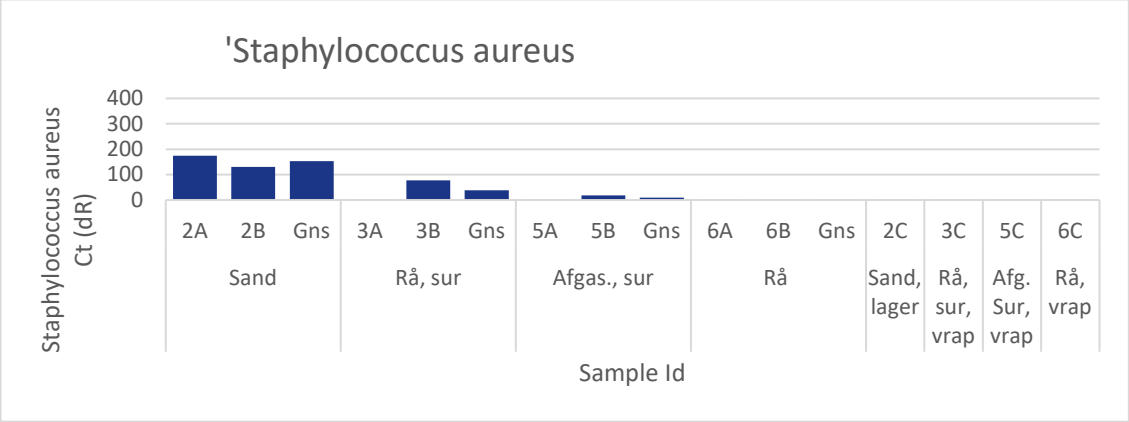
Figur 15 "Total kim" i forskellige prøver fra sengebåse v. malkekøer målt med Qpcr DNA analyse, uge 6 i forsøgsperiode.

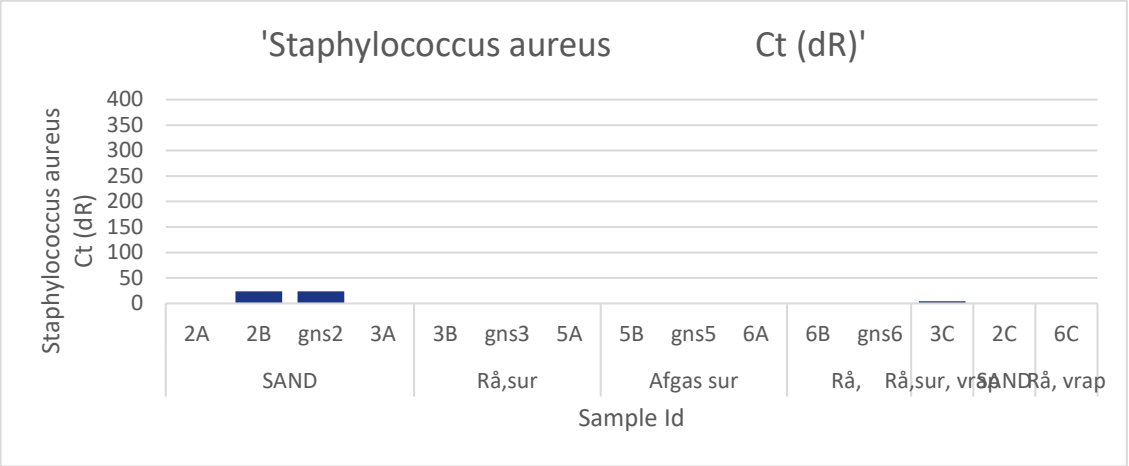


Figur 16 "Total kim" i forskellige prøver fra sengebåse v. malkekøer målt med q-PCR DNA- analyse, uge 7 i forsøgsperiode

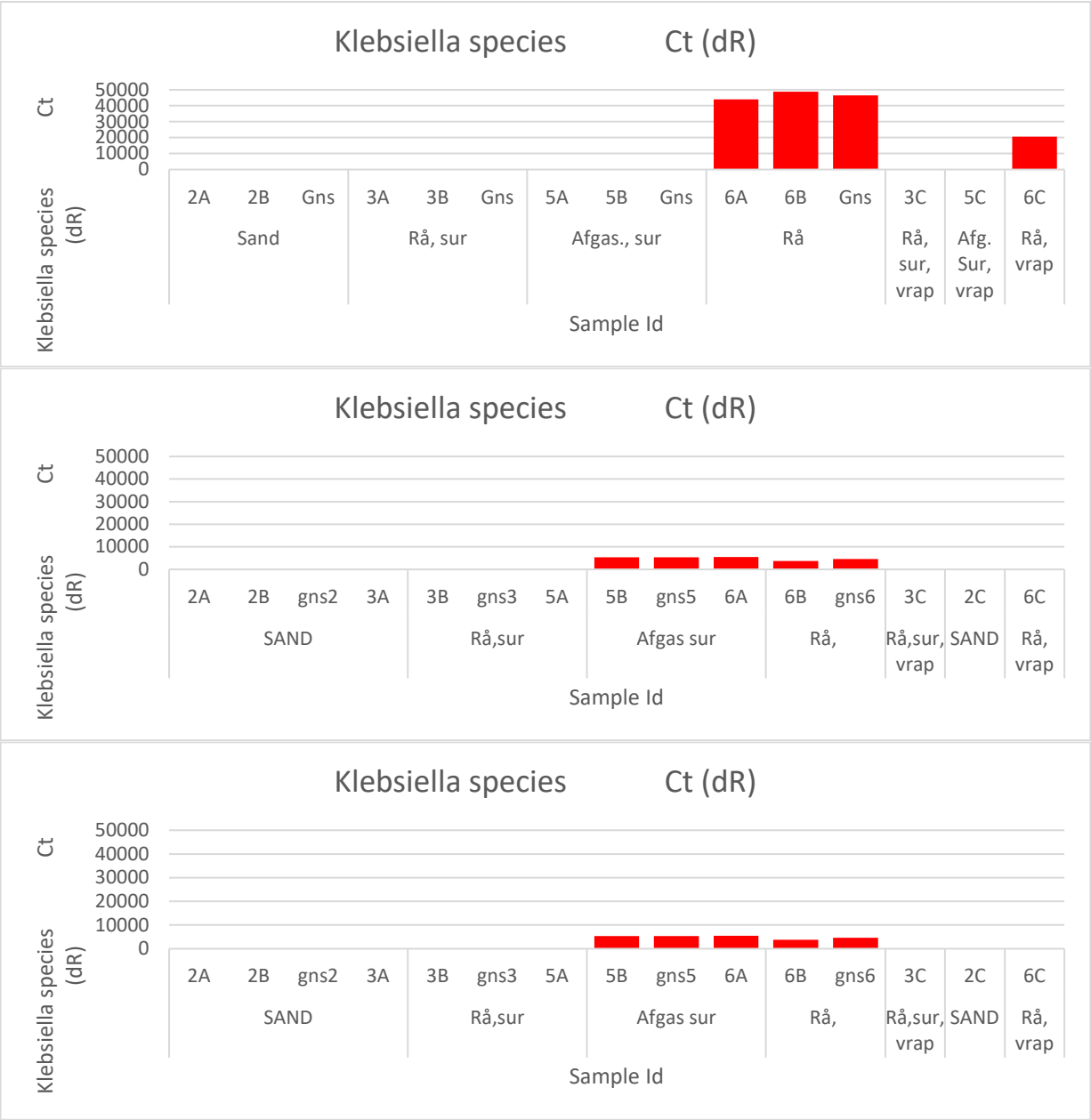
Figur 17 (a,b,c) Bakterieforekomst af S. Aurus fra strøelsesprøver taget i sengebåse over 3 uger.
Højest forekomst i sand.







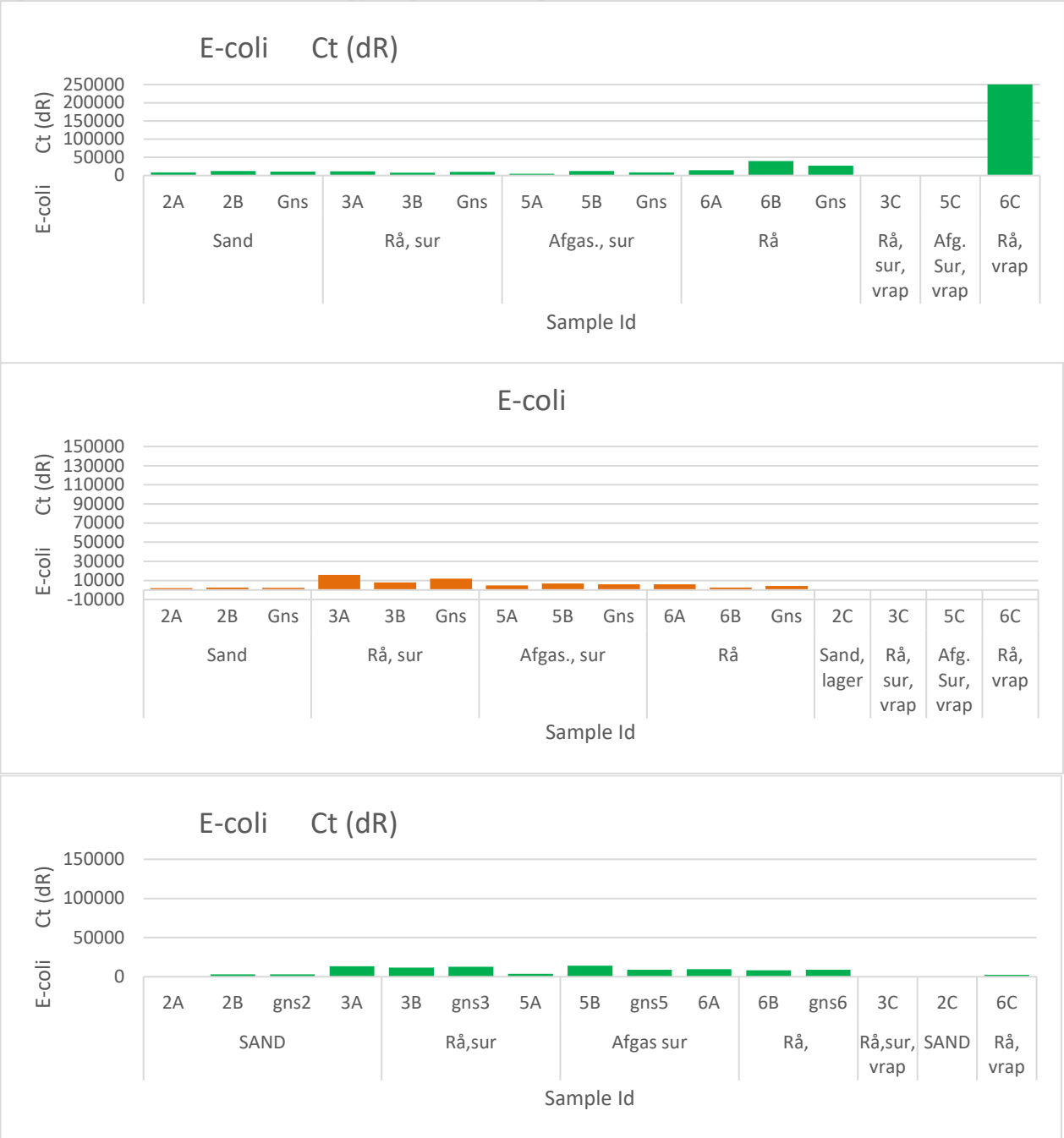
Figur 18 a,b,c Udvikling i klesiella fund i forskellig strøelse uge 5-7 i forsøg

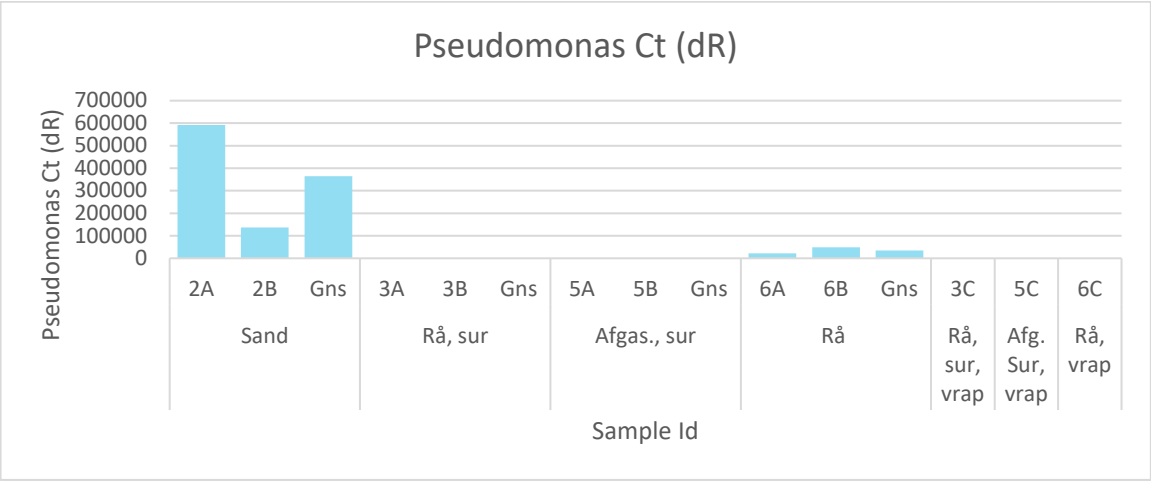


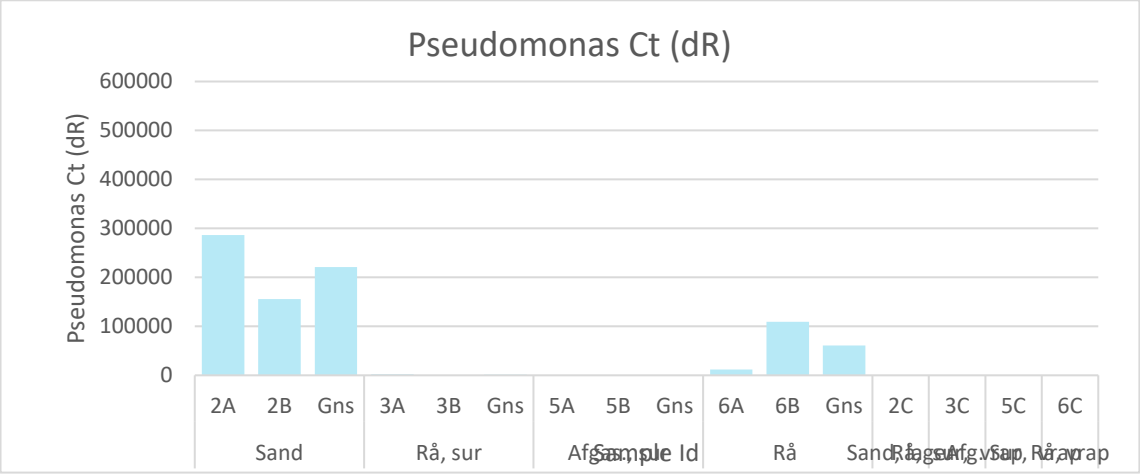
Der forekommer klebsiella baktier i besætningen og det blev i første omgang kun fundet i prøver fra rå fiber – både i lager og under køerne hvor der var strøet med rå fiber. Tilsyneladende med en lille opformering fra 20.000/g men med en lille opformering i rå fiber til omkring 50.000 hvorimod rå+ bioforsuret fiber i gruppe 3 holdt sig på et meget lavt niveau i hele perioden. Forekomsten i afgasset sur kan evt.

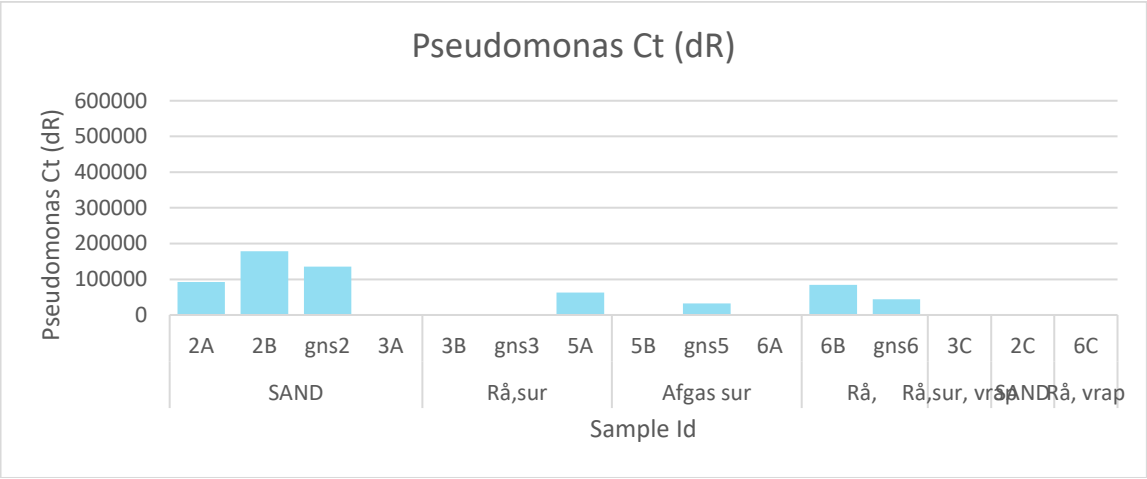
være sket ved overførsel af smitte mellem de to rækker køer og strøelse i gruppe 5 og 6, men det kan heller ikke afvises at forsuringen ikke er en total forsikring mod klebsiella. Men billedet viser klart størst risiko ved rå fiber.

Figur 19 E. Coliforekomst i strøelsestyper uge 5-7 i forsøg



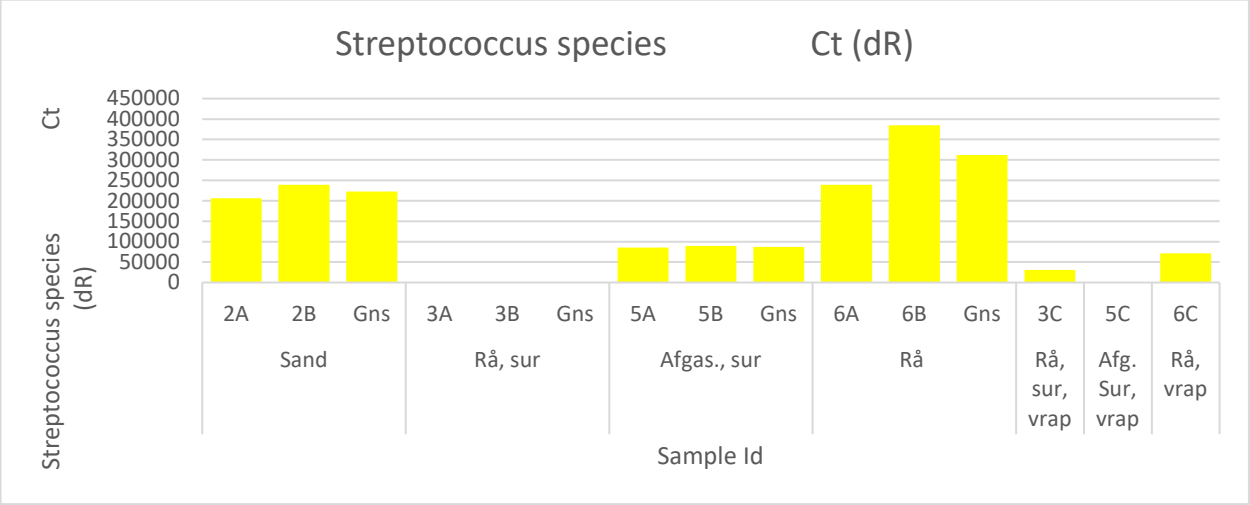


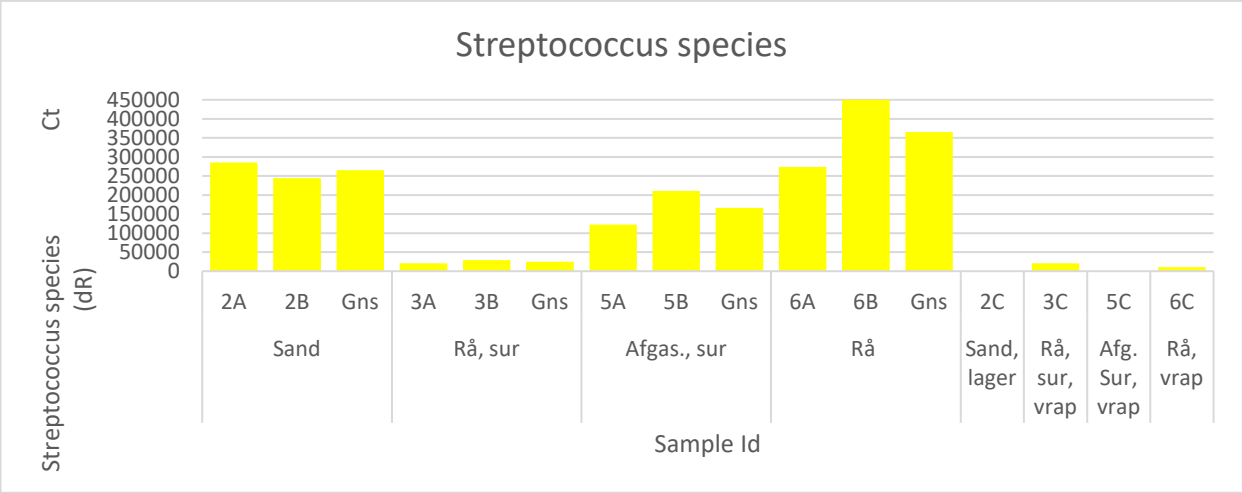


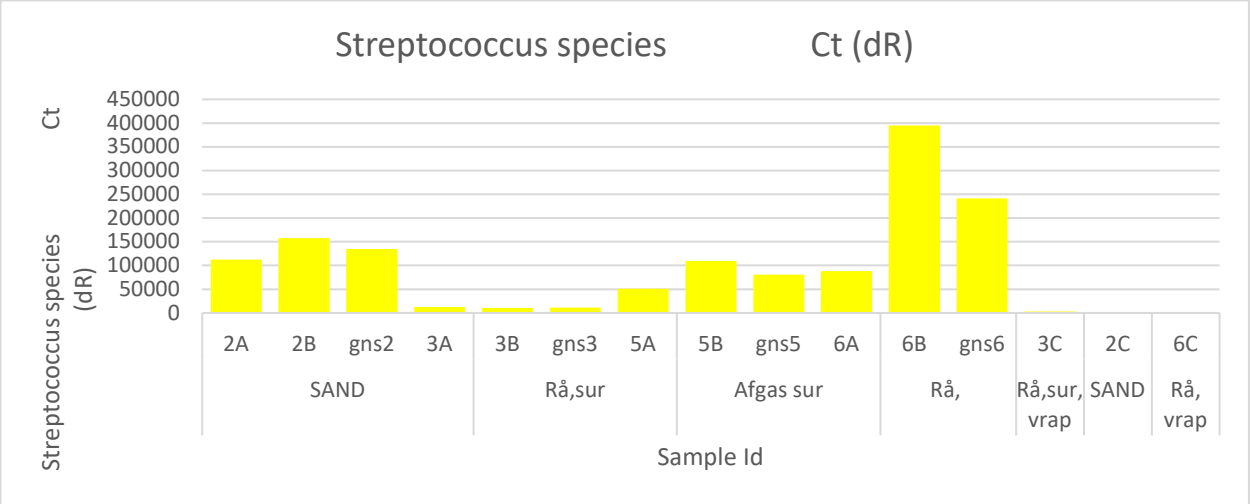


Figur 20 Fund af Streptoccocus sp. i strøelse u. køer i sengebåse og i lager (vrap).

Figur 21 Fund af steptococcus sp. i strøelse u. køer og i lager (vrap) uge 5-7







Som det fremgår af figuren vist ovenfor er der tendens til mere opformering af Streptococcus sp. i rå fiber og i sand end i de bioforsurede fibre

7.3. Delkonklusion

Det ser ud til at bioforsurede af gyllefibre har en hæmmende effekt på opformering af bakterier i stalden, idet total kim er lavere end ved de rå fibre. Der blev fundet højere forekomst af E.coli i rå fiber i lageret (vrap) hvilket blev genfundet i stalden. Det samme gælder for Klebsiella.
Steptococcus sp. fandtes stort set ikke i lager, men blev i højere grad fundet i strøelsen under køer, der fik rå fiber end ved de bioforsurede. Det skal dog understreges for alle ovenstående figurer over bakterieforekomster, at forsøget kun omfatter prøver i praksis i 3 uger og at køerne går til malkning samme sted ligesom der ikke er fuldstændig adskillelse mellem alle grupper. Der kan altså ske en lille overførsel af fiber mellem to rækker. Endelig kan en uge tilfældigt toppe hvis der tilfældigvis er mere mælkespild med i prøven.

8. Tøndeforsøg med gylle og fibertilsætning.

Formålet med dette delforsøg var at screene for en mulig virkning på pH i gylle og dermed i emission af ammoniak fra stalde, der måtte tage konceptet med bioforsurede fibre i anvendelse.
Forsøg med tilsætning af rå, bioforsuret eller afgasset/varmebeh./bioforsuret gyllefiber til kvæggylle. I forsøget blev det tildelt i den mængde som typisk tilføres gyllen ved brug fiber i sengebåsene under danske forhold (strøelsesmængder omkring 5 kg/ko/dag samt ved tilsætning den dobbelte mængde mængde, som svarer mere til det, som anvendes i de bedste udenlandske besætninger (usa/canada/UK) hvor fiber anvendes.

Figur 22 Tønde med udtag til måling af gasser i luft over gylle iblandet gyllefibre

Tabel 6 Ammoniakkoncentration i luft over gylle og fibre opbevaret i tønder med *tilførsel af fiber + frisk gylle svarende til hhv. normal forbrug/produktion i stald eller dobbelt mængde fiber.*

	Forsøg 1					Forsøg 2		
Fibertype	Mængde fiber tilsat til gylle	pH i gylle+fiber (middel) Start	pH i gylle+fiber (middel) Slut	Ammoniak, (ppm NH3) slut		pH i gylle+fiber (middel) Start	pH i gylle+fiber (middel) Slut	NH3-niveau (aflæst i ppm)
Rå fiber	660 g	7,85	6,64	32		7,28	7,85	52,17
Rå fiber	1320 g	7,57	6,50	35		7,21	7,57	42,64
Rå, biforsuret fiber	660 g	7,59	6,53	20		7,28	7,59	40,33
Rå, biforsuret fiber	1 320 g	7,44	6,53	15		7,13	7,44	54,01
Afgasset (inden vrap)	660 g	7,57	6,62	50		7,23	7,57	69,04
Afgasset (inden vrap)	1320 g	7,85	6,63	37		7,20	7,85	58,02
Afgasset, bioforsuret	660 g	7,46	6,62	23		7,09	7,46	16,88
Afgasset, bioforsuret	1320 g		6,68	17		7,10	7,57	24,48
Baggrund				1,42				1,62

8.1. Delekonklusion tøndeforsøg

Der er tendens til lavere ammoniak koncentration i luften over gyllen, når der tilsættes bioforsuret fiber. De laveste koncentrationer fundet ved afgasset og bioforsuret gylle. Der indgik ikke forsøg med tilsætning af fiber som først havde ligget i sengebåsene. Hvilket må betegnes som en fejlkilde, da vi efterfølgende målte pH=7 på brugte fibre fra stalden i Foulum. Derfor tyder det på, at man ikke kan opnå en forsurende effekt på gyllen eller sænke pH på det skrabede gulv i gangarealer ved at anvende forsurede fibre i sengebåse. Dermed vil det heller ikke have effekt på emissionen fra stalden. For at opnå en bioforsurende effekt i gyllen skal der tilsættes melasse eller forsurede fibre direkte i kanalen. Dette indgik dog ikke i nærværende forsøg.

9. Biogaspotentiale i rå og forsurede fibre. Analyserapport for tre vrapballe-prøver og tre sengebåse prøver (Udarbejdet af Christian Holst Fischer)

9.1. Metode

Prøver udtaget fra stald og lager ved stalden i Foulum efter samme metoder som blev anvendt ved udtagning til mikrobiologiske dyrkningsforsøg beskrevet ovenfor.

Bane 2 (A/B) sand fra stald med køer
Bane 3 (A/B) Bioforsurede rå fibre fra stald.
Bane 5 (A/B) Tørrede bioforsurede fibre fra stald
Bane 6 (A/B) Rå, brugt fiber fra stald med køer
Balle 3 Bioforsurede rå fibre, lager
Balle 5 Tørrede bioforsurede fibre, lager
Balle 6 Rå fiber, lager u. konservering

Biogaspotentialet 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.
- 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_4/gVS efter fuld udrådning.

Der blev anvendt 400 ml forafgasset podemateriale pr. beholder til udrådningerne.

9.2. Resultater

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

Tabel 7.Tørstof og flygtige, organiske stoffer i prøverne. Analyserne er dobbeltbestemmelser.

Prøve	Tørstof-%	Standard afv. TS-%	Volatile solids VS-%*	Standard afv. VS-%
Balle 3, bioforsuret	40,32	0,12	92,87	0,14
Balle 5, afgasset biofors.	59,95	0,29	91,08	0,15
Balle 6, rå fiber	34,93	0,22	93,07	0,61
Bane 2A, sand	92,51	0,12	2,13	0,14
Bane 2B, sand	92,11	0,12	2,02	0,17
Bane 3A, bioforsuret	46,81	0,77	90,15	0,01
Bane 3B, bioforsuret	45,89	0,63	90,06	0,28
Bane 5A, afgasset biofors.	63,55	0,53	87,36	1,94
Bane 5B, afgasset biofors.	65,58	1,10	88,82	0,06
Bane 6A, rå fiber	*39,81*	*0,49*	*91,20*	*0,23*
Bane 6B, rå fiber	35,93	0,38	89,68	2,73

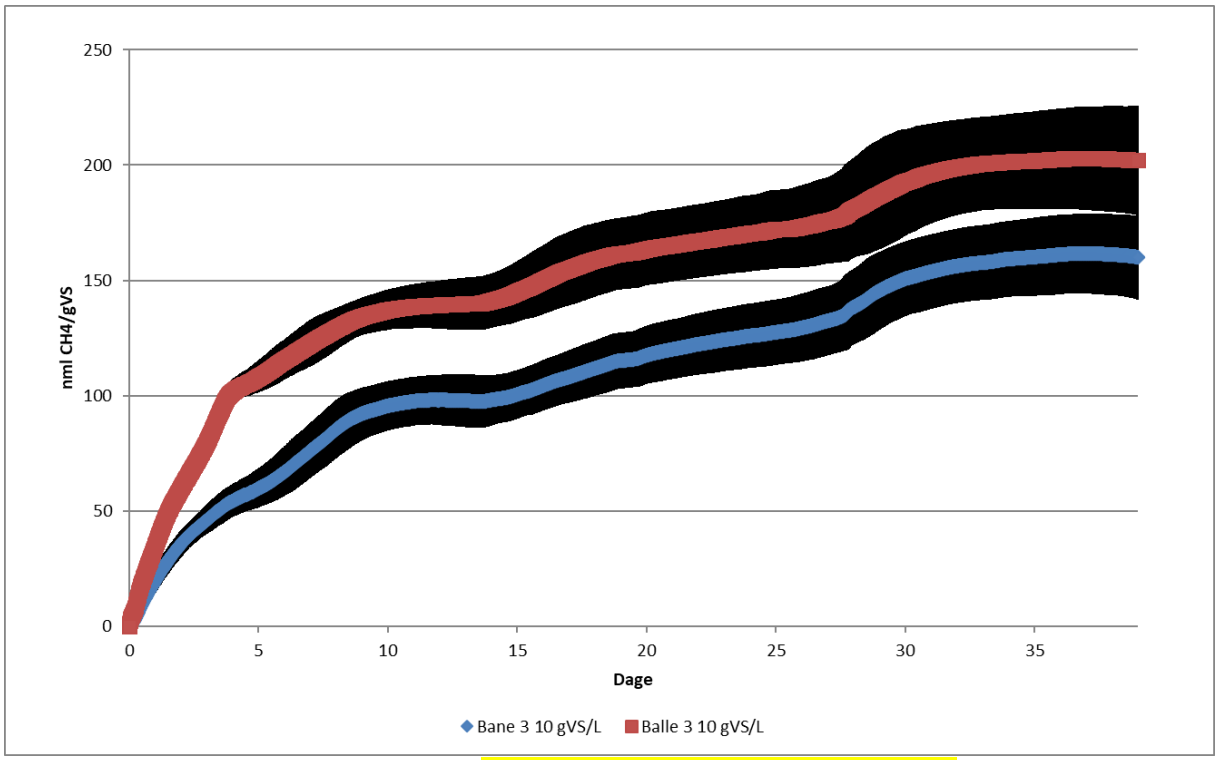
* Beregnet som 100-asketab på tørstofbasis.

Bane 2 med sand blev ikke inkluderet til udrådningsforsøgene idet 98% af tørstofindholdet er uorganisk. For hver bane er der udtaget en A- og B-prøve. Som det fremgår af Tabel 1 er TS- og VS-indholdet i de to prøver meget identiske. Til udrådningsforsøgene er A- og B-prøverne derfor blandet.

Udrådningen blev afsluttet efter ca. 38 dage. Resultat for akkumuleret metanproduktion efter 38 dage er vist i Tabel 2. Data fra udrådningen er vist på Figur 1 og 3. Metanproduktionen er vist som normal ml metan/g VS svarende til Nm^3/t VS (VS = organisk stof på tørstofbasis). Endvidere er beregnet metanproduktion i Nm^3 pr. ton modtaget prøve (vådt) samt metanproduktion pr. ton tørstof. Nm^3 er volumen i kubikmeter ved 0 °C og et tryk på 101,3 kPa (1 atm).

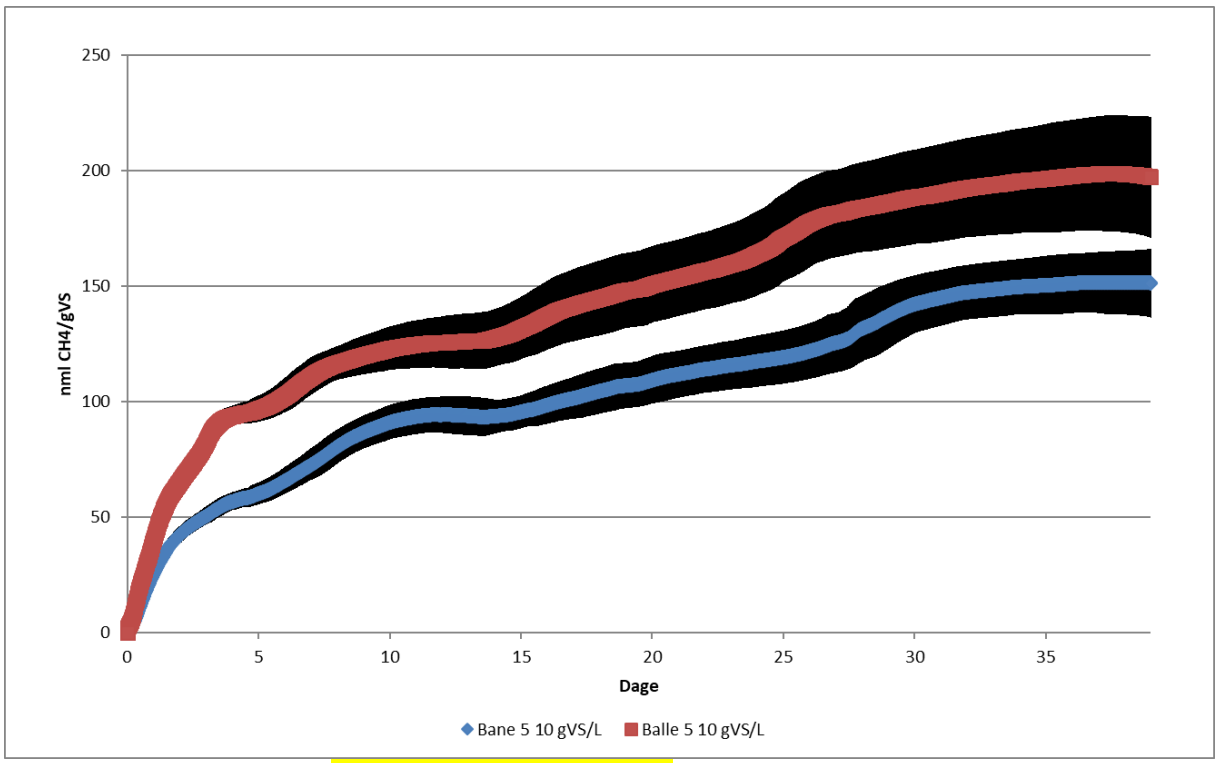
Tabel 8. Akkumuleret metanproduktion efter 38 dage.

Prøve	Nml CH_4/gVS	Standardafvigelse (Nml CH_4/gVS)	Nm^3 CH_4/ ton TS	Nm^3 CH_4/ton prøve
Balle 3, bioforsuret	159	18	143	66
Balle 5, afgasset biofors.	151	15	133	87
Balle 6, rå fiber	137	26	124	47
Bane 3, bioforsuret	201	23	186	75
Bane 5, afgasset biofors.	196	26	178	107
Bane 6, rå fiber	140	19	130	45



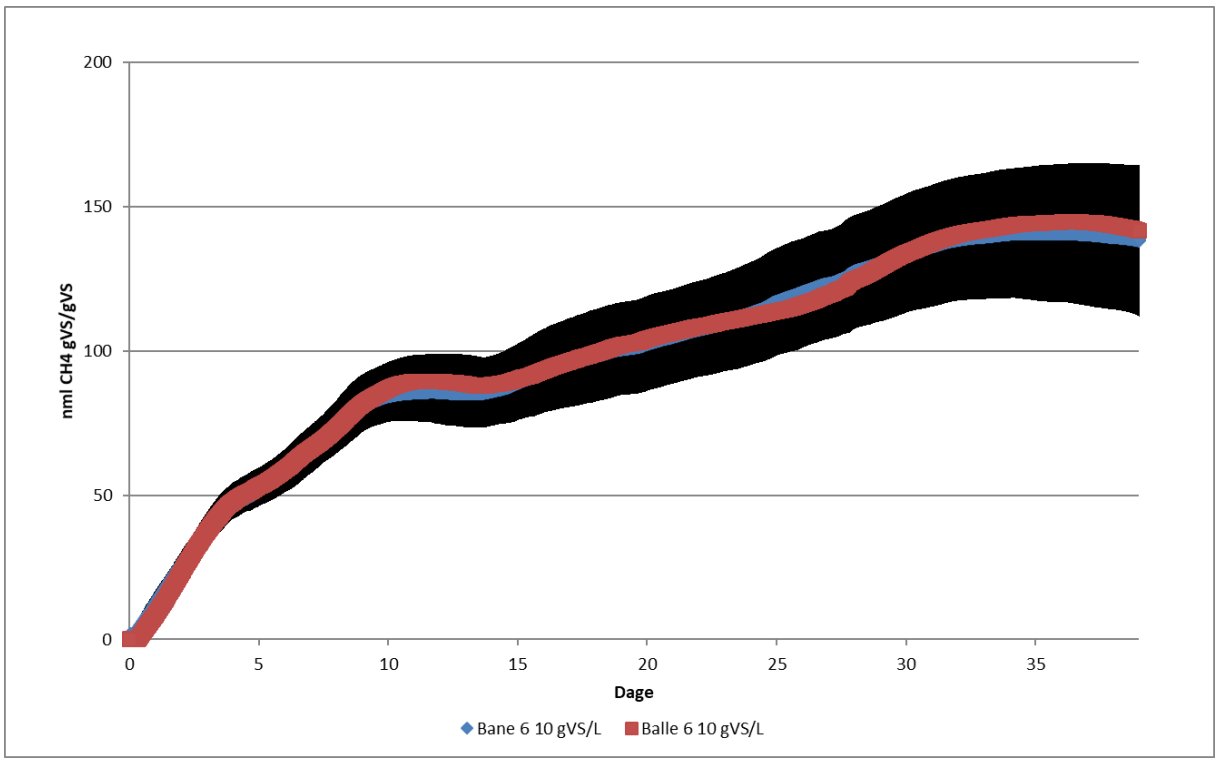
Figur 23. Bane 3 (stald) og Balle 3 (lager), *Bioforsurede gyllefibre fra prøver i stald og i lager*. - akkumuleret metan-produktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.

Der observeres en signifikant forskel imellem de to prøver (Bane 3 og Balle 3). Forskellen i udbytte imellem de to prøver er stabil efter ca. 7 dage, hvilket indikerer at balle 3 (lager) indeholder en højere andel af nemt-omsætteligt materiale end fibre opsamlet under dyr i stalden (bane 3).



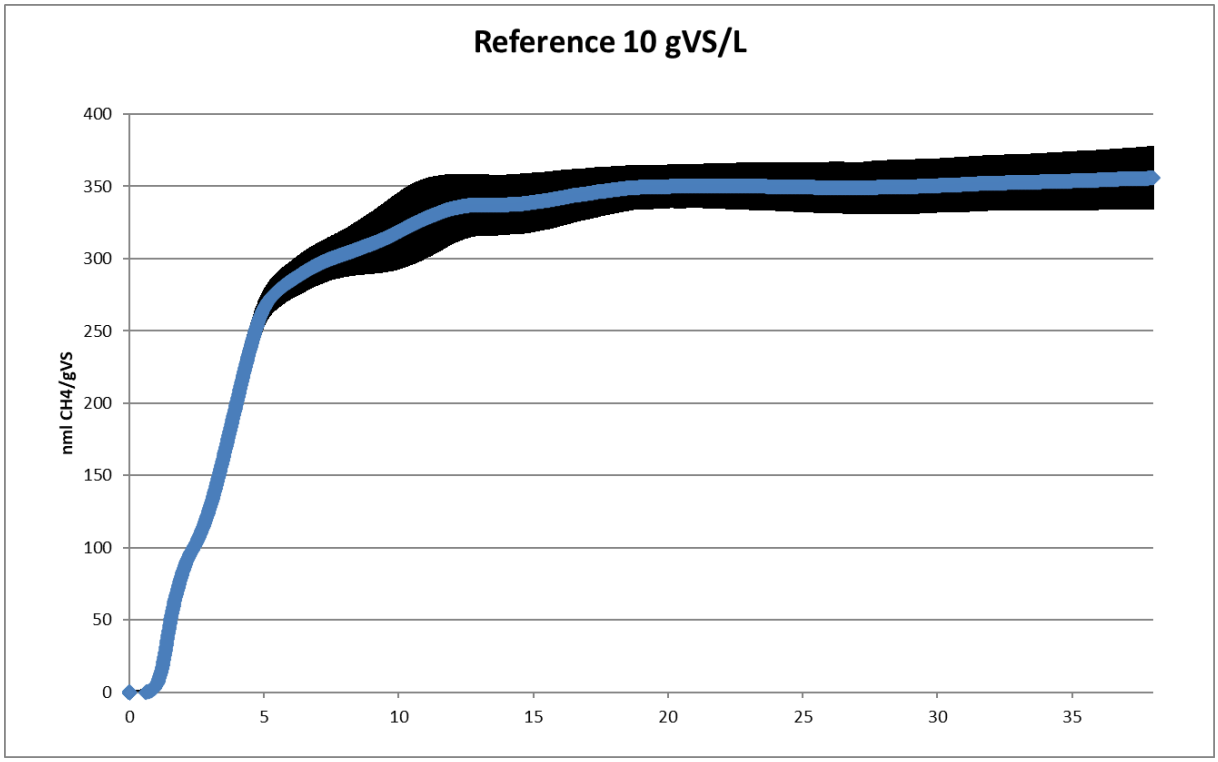
Figur 24. Bane 5 og Balle 5 *Afgassede + bioforsurede gyllefibre* - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.

I lighed med Bane 3/Balle 3 observeres en signifikant forskel imellem de to prøver (Bane 5 og Balle 5). Forskellen i udbytte imellem de to prøver er stabil efter ca. 7 dage, hvilket indikerer at balle 5 (lager) indeholder en højere andel af nemt-omsætteligt materiale end prøver fra stalden (bane 5).



Figur 25. - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Termofil udrådning.
Bane 6: Rå brugt fiber fra stald med køer
og Balle 6: rå fiber, lager u. konservering Akkumuleret: 130 ml/g VS (ingen forskel i beh. NS)

Der observeres ingen forskel i udrådningsforløb eller udbytte for Bane 6: Rå brugt fiber fra stald med køer og Balle 6. rå fiber, lager u. konservering.



Figur 26. Reference - akkumuleret metanproduktion (sorte barer er standardafvigelsen). Mesofil udrådning.

Cellulosereferencen resulterede i en metanproduktion på 356 Nml/g VS med en standardafvigelse på 22 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.

9.3. Del-konklusion, gaspotentiale.

Tilsætning af 8 % melasse til rå, friske gyllefibre øger metanpotentialet fra ca. 140 til 159 ml/ml VS. Tilsætning af tilsvarende mængde melasse til gyllefibre, der allerede er afgasset en gang, viser tilsynela-dende potentiale for at kunne opnå samme marginale biogaspotentiale som tilsvarende mængde rå fibre.

10. Økonomianalyse af forskellige scenarier til anvendelse af ensileret fiberfraktion som strøelse hos malkekøer til erstatning af sand i sengebåse (af Kurt Hjort Gregersen og Jørgen Hinge)

10.1. Indledning

I de senere år har anvendelsen af sand i sengebåse vundet betydelig udbredelse blandt danske mælkeproducenter. Konceptet har vist sig at have en række sundhedsfremmende egenskaber for malkekøerne. Den rummer dog også en række udfordringer, når det kommer til håndtering og udspredning af den sandholdige gylle. Særligt i forhold til biogasproduktion er det en udfordring med sand i gyllen, mange biogasanlæg vil slet ikke modtage gyllen, andre, om end et fåtal, foretager en frarensning af sand før leverance til biogasanlægget.
Andre landmænd har i stedet for sand forsøgt sig med at separere gyllen med en skruepresse og så anvende fiberfraktionen som strøelse under malkekøerne. Også dette koncept rummer en række fordele, men også udfordringer, specielt med hensyn til yversundhed, som kræver et særligt fokus.
Landbrugets videncenter SEGES har undersøgt disse forhold i en serie farmtests, som er anvendt som primære kilder til analyserne i denne rapport (nr. 36, 93 og 98), sammen med oplysninger fra projektets partnere, Cir-Tech og Linkogas.
Det er en ny tanke, at man vil tørre og ensilere fiberfraktionen med melasse for at opnå en højere hygiejnisk standard i båsene. Det samlede system omfatter derfor separation, tørring, blanding, ensilering, evt. pillettering, evt. transport samt udstrøning.

10.2. Formål

Formålet med analysen er at undersøge, om der er økonomisk grundlag for at anvende tørret, ensileret fiberfraktion som erstatning for sand i sengebåse med henblik på at gyllen efterfølgende kan anvendes til biogasproduktion.

10.3. Metode

Der blev opstillet en række grundscenarier med udgangspunkt i bedrifter med 500 malkekøer + opdræt, som i udgangspunktet bruger sand, som så sammenlignes med alternative scenarier, hvor der bruges tørret ensileret fiberfraktion.
Scenarier:

1	Et landbrug bruger sand, ingen leverance til biogasanlægget
2	Et landbrug bruger sand, leverer til biogasanlæg mod betaling af afgift for sandindholdet
3	Et landbrug bruger sand, foretager sandvask før levering til biogasanlægget
4	En økolandmand bruger halm, men leverer ikke til biogasanlægget
5	En økolandmand bruger halmpiller med tilskud fra biogasanlægget, og leverer til biogasanlægget
6	En økolandmand bruger fiber produceret med overhedet damp på biogasanlægget, som han leverer til
7	Et landbrug bruger eget produceret fiber, uden leverence til biogasanlæg
8	Et landbrug bruger eget produceret fiber og leverer til biogasanlæg.
9	Et landbrug bruger fiber produceret med overhedet damp på biogasanlægget, som han leverer til
10	Et landbrug bruger fiberpiller produceret på biogasanlægget, som han leverer til

Der har vist sig behov for at udvide analysen med flere scenarier end oprindelig tænkt, fordi der kan være forskellige både tekniske muligheder, men også måder at organisere systemet på. Det er især fordi det kan lade sig gøre at foretage separering, tørring, blanding og ensilering hjemme på bedriften, men det kan også foregå på biogasanlægget, og her så i større skala. Desuden ser det ud til, at landmænd nogle steder kan betale biogasanlægget for at modtage den sandholdige gylle, ligesom enkelte landbrug har installeret anlæg til frarensning af sand.
Der er som led i analysen udviklet et regneark for hvert af de ovenfor beskrevne procestrin. For hvert trin er der så beregnet en årlig omkostning pr. ton tørret fiber og omkostninger pr. år. Der er regnet med fuld kapacitetsudnyttelse af udstyret i forhold til de oplyste kapaciteter for at kunne indregne optimale produktionsomkostninger, som en forudsætning for at nogen vil foretage investeringerne.
Forrentning og afskrivning af investeringerne er indregnet som en fast årlig omkostning ved annuitetsmetoden.
Der er imidlertid ikke taget stilling til, om det er det enkelte landbrug eller biogasanlægget, der afholder omkostningerne til produktion af fiberfraktionen. På den måde vises blot den samlede systems nettoomkostning på bedriftsniveau, som så kan sammenholdes med det tilsvarende grundscenarie med anvendelse af sand i sengebåsene.
Der er heller ikke taget stilling til de potentielle gevinster, der kan være for dyresundhed og mælkeproduktion i de forskellige scenarier, fordi dette er ekstremt vanskeligt at kvantificere entydigt og desuden stærkt afhængig af driftsledelsen. I de nævnte FarmTests er der imidlertid beskrivelser af disse forhold, som der derfor henvises til.

10.4. Separering

I analyserne, og i øvrigt de praktiske tests, er anvendt en to trins separation med først en Börger Separator RC150HP og en Twin Press P25, der forhandles af firmaet Cir-Tech.
Separationen af gylle kan i princippet foregå på gårdene eller på biogasanlægget. Hvis det gøres på gårdene, kunne en mobil enhed være en mulighed for at få optimal kapacitetsudnyttelse. På biogasanlægget kunne der måske være behov for flere enheder til separation af afgasset gylle.

Tabel 9 Forudsætninger og beregning af omkostninger til separation

Rente	5	% p.a.				
Investering	2000000	kr				
Levetid	10	år				
driftstimer/år	2800	timer				
Kapacitet/time	100	tons/m3	gylle			
Kapacitet/år	280000	tons/m4	gylle			
Fiberproduktion/ton afgasset gylle	52	kg	eller	0,148	m3 fiber	
Fiberproduktion/ton rå kvæggylle	60	kg		0,171	m3 fiber	
Årsproduktion afgasset fiber	14560	tons		41496	m3 fiber	
Årsproduktion rå fiber	16800			47880	m3 fiber	
Reparation og vedligehold	0,3	kr/ton behandlet				
elforbrug	1	kwh/ton behandlet		a	0,4	kr/kwh
Pasningsbehov	0,05	time/driftstime		a	300	kr/time
Behandlingsomkostninger ved fuld kapacitetsudnyttelse						
Kr pr ton hhv m3 rå og afgasset fiber	kr/år	kr/ton gylle	kr/ton afg fi	Kr/m3 afg f	Kr/ton rå f	Kr/m3 rå f
Reparation og vedligehold	84000	0,3	5,77	2,02	5,00	1,75
Elforbrug	112000	0,4	7,69	2,70	6,67	2,34
Pasningbehov	42000	0,2	2,88	1,01	2,50	0,88
Forrentning og afskrivning	259009	0,9	17,79	6,24	15,42	5,41
Omkostninger i alt	497009	1,8	34,14	11,98	29,58	10,38

Beregningerne viser, at omkostningerne til separation er knap 2 kr. pr. ton gylle og ca. 30 kr. pr. ton fiberfraktion. Forskellen ligger i en forudsætning om, at separation af rå kvæggylle er en smule mere effektivt end afgasset gylle pga. et højere tørstofindhold.

10.5. Hygiejnisering/tørring

I denne analyse er der regnet på to muligheder for at hygiejnisere/tørre fiberfraktionen. I udgangspunktet er det ikke nødvendigt at egentlig tørre fiberfraktionen, men det er hensigtsmæssigt at hygiejnisere den. Den i projektet anvendte metode medførte også en vis tørringseffekt, hvorved tørstofindholdet i fiberen højere end strengt taget nødvendigt. Det kan så muligvis være en fordel i strøelsesbrugen af fiberen, ligesom en højere tørstofandel vil øge gaspotentialet pr. ton fiber. Afhængigt af hygiejninserings/tørringsmetode medgår der forskellig energimængde til tørringen.

Derfor skal der naturligvis ikke tørres mere end nødvendigt. I projektet er der lagt op til, at tørringen skal løfte tørstofindholdet fra godt 40 % til 45%.
I den mest simple form, til brug hvis tørringen skal foretages ude på gårdene, er der regnet på en form for gennemløbstørreri, som er udbredt til korntørring i landbruget. I praksis er det dog tvivlsomt om der kan opnås tilladelse til denne anvendelse, fordi der vil være risiko for ammoniakfordampning via afblæsningsluften. Dette problem kan imidlertid tænkes løst ved en simpel scrubning. Den anden tørringsteknologi, der er regnet på, er et system til tørring med overhedet damp, som leveres af firmaet Grainas. Denne teknologi har mulighed for at kondensere ammoniak, så den ikke tabes til omgivelserne, og desuden mulighed for genindvinding af varme. Forudsætninger for beregning af omkostninger til hygiejnisering/tørring i en tromletørrer eller gennemløbstørreri er vist i nedenstående tabel 2.

Tabel 10 Forudsætninger og beregning af omkostninger til varmebeahandling i gennemløbstørreri

Rente	5	% p.a.				
Investering	400000	kr	Kilde: Kirsten Søe Pedersen, Landbonord			
Levetid	10	år				
driftstimer/år	550	timer				
Kapacitet/time	2	tons				
Kapacitet/år	1100	tons				
Tørring fra	40	% TS				
Tørring til	45	% TS				
Vand der skal fordampes	122					
Mængde tørret fiber	978	tons				
elforbrug	5	kwh/time		a	0,4	kr/kwh
Varmeforbrug	1,39	kwh/kg vand		a	0,63	kr/kwh
Reparation og vedligehold	5	%				
Pasningsbehov	0,05	time/driftstime		a	300	kr/time
Behandlingsomkostninger ved fuld kapacitetsudnyttelse						
	kr/år	kr/ton rå fiber	kr/ton tør fiber			
Elforbrug	2200	2,0	2,25			
varmeforbrug	107030	97,3	109,46		Kilde: Teknologisk Institut	
Reparation og vedligehold	5500	5	5,63			
Pasningbehov	8250	7,5	8,44			
Forrentning og afskrivning	51802	47,1	52,98			
Omkostninger i alt	174782	158,9	178,75			

Den helt store omkostning her er naturligvis varmeforbruget, der er baseret på olieprisen

Tilsvarende vises forudsætninger for beregning af omkostninger ved hygiejnisering/tørring med overhedet damp i tabel 3.

Tabel 11 Forudsætninger og beregning af omkostninger til varmebehandling/nedtørring med overhedet damp.

Rente	5	% p.a.				
Investering	7000000	kr				
Levetid	15	år				
driftstimer/år, Tørring	1275	timer				
driftstimer pilletering	0	timer				
Kapacitet/time	5	tons				
Kapacitet/år	35000	tons				
Tørring fra	30	% TS				
Tørring til	40	% TS				
Vand der skal fordampes	8750					
Mængde tørret fiber	26250					
Mængde fiberpiller	0					
Varme til genvinding	2,3	MWH/time		a	200	kr/mwh
elforbrug tørring	120	kwh/time				
elforbrug pillettering	0	kwh/time		a	0,4	kr/kwh
Varmeforbrug	0,69	kwh/liter		a	0,63	kr/kwh
Reparation og vedligehold, tørring	10	kr/time				
Reparation og vedligehold, pillettering	0	kr/time				
Pasningsbehov	1750	timer		a	300	kr/time
Behandlingsomkostninger ved fuld kapacitetsudnyttelse						
	kr/år	kr/ton rå fiber	kr/ton tør fiber			
Elforbrug tørring	61200	1,7	2,33			
Elforbrug pillettering	0	0,0	0,00			
varmeforbrug	3803625	108,7	144,90			
Reparation og vedligehold	12750	0,364285714	0,49			
Pasningbehov	525000	15,0	20,00			
Forrentning og afskrivning	674396	19,3	25,69			
Omkostninger i alt	5076971	145,1	193,41			
Varmegenvinning	586500	16,8	22,34			
Netto	4490471	128,3	171,07			

Det fremgår, at også her er varmeforbruget den største post. Men tørringen her er mere energieffektiv, og omkostningerne dermed mindre end ved det mere simple gennemløbstørreri i Tabel 2. Desuden er der her indregnet et mindre bidrag fra genvinding af varme.

1. Blanding

Den tørrede fiber skal blandes med ca. 8 % melasse. Det kan passende foregå i en traditionel foder-blander. Om landmændene kan bruge den de typisk har og anvender til blanding af grovfoder til malkekøerne med behørig rengøring er uklart. Derfor er der i analysen indregnet investering i en foderblander til formålet.

Tabel 12 Forudsætninger og beregning af omkostninger til blanding af tørret fiber og melasse.

Rente	5	% p.a.				
Investering	500000	kr				
Levetid	10	år				
driftstimer/år	2800	timer				
Kapacitet/time	12	tons				
Kapacitet/år	33600	tons				
elforbrug	5	kwh/ton		a	0,4	kr/kwh
Reparation og vedligehold	10	%				
Pris melasse	1190	kr/ton	(farmtal online)			
Melsse andel	8	%				
Forbrug af melasse	2688	tons				
Pasningsbehov	0,05	time/driftstime		a	300	kr/time
Behandlingsomkostninger ved fuld kapacitetsudnyttelse						
	kr/år	kr/ton fiber				
Køb melasse	3198720	95,2				
Elforbrug	168000	5,0				
Reparation og vedligehold	336000	10				
Pasningbehov	42000	1,3				
Forrentning og afskrivning	64752	1,9				
Omkostninger i alt	610752	18,2				

Tabellen viser at iblanding og blanding med melasse koster godt 18 kr/ton fiber

10.6. Ensilering (bioforsuring) og lagring

Efter blanding skal fiberen ensileres i en uge. Der er i analysen indregnet omkostninger hertil.

Tabel 13 Forudsætninger og beregning af omkostninger til ensilering

Plansilo investering	185	kr/m3		Kilde: Egne beregninger			
rente	5	%					
Levetid	20	år					
Forrentning og afskrivning	15	kr/m3					
Indlægning	25	kr/m3 =	5	min/m3	a	300	kr/time
Plast	0.2	kr/m3 =	1	kr/m2	genanv	5	gange
Beskyttelsesnet	0.2	kr/m3 =	10	kr/m2	genanv	52	gange
I alt	40	kr/m3					
i alt	14	kr/ton					
I alt pr. batch	0.77	kr/m3	ved	52	uger		
I alt pr. batch	0.27	kr/ton	ved	52	uger		

Med de anvendte forudsætninger er omkostninger til lagring og ensilering ganske beskedne.

10.7. Sandvask

Det er oplagt i en analyse som denne også at se på sandvask som en alternativ mulighed for at kunne levere gylle til et biogasanlæg. Der er foretaget en analyse heraf, som vises i tabel 13.

Tabel 14 Forudsætninger og beregning af omkostninger til sandvask

Rente	5	% p.a.					
Investering	2500000	kr					
Levetid	10	år					
driftstimer/år	5475	timer					
Kapacitet/time	15	tons					
Kapacitet/år	82125	tons					
Sandindhold i gyllen	10,6	%					
Mængde sand i gyllen	8692,9						
Genvindingsgrad	75	%					
Genvundet sand	6520	tons					
Reparation og vedligehold	0,42	kr/ton behandlet				Karen Jørgensen	
elforbrug	2	kwh/ton behandlet		a	0,4	kr/kwh	Anslået
Pasningsbehov	0,05	time/driftstime		a	300	kr/time	Anslået
Behandlingsomkostninger ved fuld kapacitetsudnyttelse							
	kr/år	kr/ton gylle	kr/ton genvundet sand				
Reparation og vedligehold	34492,5	0,42	5,29				
Elforbrug	65700	0,8	10,08				
Pasningbehov	82125	1,0	12,60				
Forrentning og afskrivning	323761	3,9	49,66				
Omkostninger i alt	506079	6,2	77,62				

Beregningen gælder omkostningen pr. ton genvundet sand, som så medfører en betydelig besparelse på indkøbt sand.

10.8. Transport

I de tilfælde hvor fiberen skal transporteres fra biogasanlægget til mælkeproducenten, er der indregnet en fast transportomkostning på 25 kr/ton fiber

10.9. Indtægter

I analyserne er der indregnet to typer indtægter, nemlig værdien af den ekstra gasproduktion fra genanvendt fiberfraktion og gasudbyttet for halmpiller, der leveres med gyllen til biogasanlægget. Som led i projektet har Teknologisk Institut foretaget gaspotentialebestemmelser af de forskellige fraktioner, både efter ensilering og lagring, og efter anvendelsen som strøelse. Især gaspotentialet efterstrøelsesanvendelsen er interessant i biogassammenhæng. De fundne værdier var:

Rå fiber: 140 Nm3 CH_4/ton VS

Forsuret fiber:	201 Nm3 CH4/ton VS
Afgasset forsuret fiber:	196 Nm3 CH4/ton VS

Den ret markante forskel skyldes dels tilsætning af melasse, dels formentlig ensileringen, men dette er ikke undersøgt nærmere. Det betyder imidlertid alt andet lige, at når en landmand leverer forsurede fibre i sind gødning vil den i princippet have et højere gasudbytte end hvis han leverer rå gylle. Det betyder også, at der i beregningerne er tillagt en ekstra gasværdi på 60 Nm3 CH4 pr. ton fiber.

Tabel 15 Forudsætninger og beregninger af ekstra gasudbytter

TS i fiber	64,5	%			
Heraf VS	80	%			
VS per ton fiber	0,516	ton			
Methanudbytte	200	m3 CH4/ton VS			
Methanudbytte pr. ton fiber	103,2	m3 CH4			
Værdi af ekstra gas	3	kr/m3 biogas			
Værdi af ekstra gas	5	kr/m3 CH4			
Værdi af ekstra gasproduktion	516	kr/ton fiber			
ekstra gas i halmpiller	24	%			
Standardudbytte pr ton VS	250	m3 ch4			
Ekstra gas udgør	60	m3 ch5			
TS i halmpiller	90	%			
Heraf VS	80	%			
TS i 1 ton halmpiller	0,9	ton			
VS i 1 ton halmpiller	0,72	ton			
Mergas pr ton halmpiller	60	m3 ch5	a	5	kr/m3
Værdi af mergas	300				
Kilder: Teknologisk Institut, Analyserapport og egne beregninger					

Med de anvendte forudsætninger er værdien af ekstra gas på 240 kr. pr ton fiber og halmpiller

10.10. Resultater

I tabel 15 vises forudsætninger og beregning af landmandens årlige omkostninger til anvendelse af sand i sengebåse

Tabel 16 Forudsætninger og beregning af omkostninger til sand i sengebåse

Antal køer	500	stk				
Antal opdræt	500	stk				
Gylleproduktion	15000	tons				
Mængde strøelse pr. ko/dag	8,7	kg				
Mængde strøelse pr. ko/år	1587,75	tons				
Massefylde	1,3	tons/m3	Farmtest nr 93			
Antal M3	1221,35	m3				
Køb af sand	103814	85	kr/m3	Farmtest nr 93		
Udstrøning	42500	85	kr/ko/år	Farmtest nr 93		
ekstra vedlighold	25000	50	anslået, nr 93 siger 113, men alt inkl.			
Håndtering i kanaler	16500	33	kr/ko/år	Farmtest nr 94		
Omkostninger i alt/år	187814					

Altså årlige omkostninger på knap 188.000 kr.

Til sammenligning vises i tabel 15 omkostningerne for det alternative scenarie, hvor landmanden vælger at investere i grej og udføre separation, tørring, blanding og lagring på egen bedrift.

Tabel 17 Forudsætninger og beregning af omkostninger til produktion af anvendelse af fiber på egen bedrift. Uden leverance til biogasanlæg.

Antal køer	500	stk
Antal opdræt	500	stk
Gylleproduktion	15000	tons
Mængde strøelse pr. ko/dag	4,3	kg
Mængde strøelse pr. ko/år	785	tons
Massefylde	0,36	tons/m3
Antal M3	2180	m3
fiberproduktion pr ton gylle	55	kg
Potentiel fiberproduktion	825	tons
Potentiel fiberproduktion	2292	m3
	kr/ton fiber	
Separering	30	
Tørring	179	
Blanding	18	
Lagring	19	
Transport	0	
Udstrøning	24	
I alt omkostninger	270	
Ekstra gas	0	
Nettoomkostninger	270	
Netto omkostninger i alt/år	211704	

Ved sammenligning af de to alternativer i tabel 13 og tabel 14 vil det fremgå at anvendelsen af fiber på årsbasis er godt 20.000 kr dyrere end anvendelsen af sand, alle omkostninger taget i betragtning, men kunne være en farbar vej hvis ønsket er at kunne levere gylle til et biogasanlæg.

I tabel 17 vises resultaterne af beregningerne i de 9 scenarier

Tabel 18 Sammenstillede resultater

Scenarie	Sammenligning af resultater - årlige nettoomkostninger til strøelse	kr/år
1	Et landbrug bruger sand, ingen leverance til biogasanlægget	187.814
2	Et landbrug bruger sand, leverer til biogasanlæg mod betaling af afgift for sandindholdet	362.814
3	Et landbrug bruger sand, foretager sandvask før levering til biogasanlægget	179.030
4	En økolandmand bruger halm, men leverer ikke til biogasanlægget	108.356
5	En økolandmand bruger halmpiller med tilskud fra biogasanlægget, og leverer til biogasanlægget	181.356
6	En økolandmand bruger fiber produceret med overhedet damp på biogasanlægget, som han leverer til	-253.919
7	Et landbrug bruger eget produceret fiber, uden leverence til biogasanlæg	211.704
8	Et landbrug bruger eget produceret fiber og leverer til biogasanlæg.	136.368
9	Et landbrug bruger fiber produceret med overhedet damp på biogasanlægget, som han leverer til	-253.919
10	Et landbrug bruger fiberpiller produceret på biogasanlægget, som han leverer til	438.792

10.11. Diskussion og konklusion

Resultaterne viser, at tørret ensileret fiber som strøelse kan være et attraktivt alternativ til sand i sengebåsene. Når gyllen fra malkekvæget leveres til biogasanlægget, opnås der en øget gasproduktion. For tørret ensileret fiber blev der fundet et øget gasudbytte på knap 20 Nm3 CH4 pr. ton fiber på biogasanlægget i forhold til rå fiber. Antages det, at dette merpotentiale faktisk kan realiseres i biogasanlægget, svarer det til en netto omkostningsbesparelse på knap 100 kr. pr. ton fiber (scenarie 8). Når der anvendes fiber, der produceres af afgasset gylle på biogasanlægget (scenarie 9), bliver den ekstra gasproduktion på hele ca. 60 Nm3 CH4 pr. ton fiber, svarende til en værdi på i størrelsesordenen 300 kr. Forskellen skyldes, at den fiber, der anvendes, bliver genudrådnet i biogasanlægget efter anvendelsen som strøelse. Gevinsten er tilstrækkelig til godt og vel at dække omkostninger til systemet, både for landmanden og biogasanlægget. Det samme gælder for økolandmanden, der søger et alternativ til sand eller anvendelse af konventionel halm som strøelse (scenarie 5)
Løsningen med tørret og ensileret fiber bør alt andet lige være attraktivt for landmænd, der anvender sand som strøelse og ønsker at levere gylle til biogasanlæg, især i en løsning hvor fiberen kommer fra et biogasanlæg, og derved recirkuleres. Dette gælder især hvis kravet fra biogasanlægget enten er betaling af en betydelig afgift (her 350 kr/ton gylle) for at modtage gyllen, eller at der skal foretages sandvask før leverancen.

11. Konklusion, hovedresultater.

Projektets hovedresultat er, at der er udviklet et koncept til bioforsuring af gyllefiber som kan anvendes af landmænd på egen gård eller gårdbiogasanlæg til fremstilling af fiber. Ved tilsætning af ca 8% melasse på vægtbasis til fiberen blev det optimale pH niveau på 4,5-5 4,5-5 opnået.

De bioforsurede gyllefibre resulterede i lavere niveau af bakterier målt som totalkim og som udvalgte patogene bakterier, herunder den frygtede klebsiella. Smittepres må således forventes at være lavere i sengebåse med forsurede fibre i forhold til båse, hvor der blev anvendt rå fibre som var sammenpresset og vrappet til op til 7 ugers forbrug. Bakterietallene for bioforsurede fibre var på niveau med målingerne ved anvendelse af sand og i nogle målinger lavere.

Produktet, bioforsurede gyllefibre, vil ikke kunne anvendes som tiltag til at reducere ammoniakemissionen. Forsøg i stalden viste at pH sænkning i strøelsen ikke er vedblivende, hvilket tyder på, at en del af de organiske syrer med tiden omsættes til CO2 af bakterier i sengebåsene i stalden. Selv om pH er lavt i de bioforsurede gyllefibre, så er det ikke nok til at sænke pH i gyllekanaler eller de faste gangarealer bag sengebåse i kostalde. Laboratorietest med tilsætning af hhv. rå gyllefiber og forsuret gyllefiber til gylle viste ellers tendens til lavere pH og lavere ammoniak i luften over gyllen, når det blev tildelt bioforsurede fibre direkte til gyllen.

Konceptet er økonomisk bæredygtigt når gyllen udnyttes til biogas.

12. Litteratur

Biproduktforordningen https://www.retsinformation.dk/eli/retsinfo/2003/9420

Bradley, A.J. K.A. Leach, Archer S.C.; Breen J.E., Green M. J. , Ohnstad I, Tuer, S. DairyCO, 2014. Scoping stydy on the potential risks (and benefits) of using recycled manure solids as bedding for dairy cattle.

Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, 2005. Indretning af stalde. Danske Anbefalinger, 4 udgave,

FarmTest nr. 36 – Strøelse i sengebåse

FarmTest kvæg nr. 93 – Økonomi i sandsenge

Farmtest rapport nr. 98. (SEGES, 2017) Fiberfraktion fra gylle som strøelse i sengebåse til malkekøer.

Farmtest Kvæg nr. 107. Økonomi i håndtering af sand. Jørgensen, Karen. Seges Erhvervsøkonomi

Fødevarestyrelsens hjemmeside: *Gennerelt om biprodukter* https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Generelt_om_animalske_biprodukter.aspx

Grainas – Tørring og pelletering af gyllefibre, Svend Erik Thomsen

Hansen M.N., Rasmussen S.G. 2012 Ammoniakfordampning fra fiberstrøelse i kvægstalde.

Jørgensen, Karen; SEGES, 2017 Økonomien i håndtering af sand.

Kromann, Helge 2015. Kvæginfo 2458 Ændring af eksisterende sengebåse til sand. Landbrugsinfo feb. 2015.

Landbonord, 2017 Guldet for enden af regnbuen, Kirsten Søe Pedersen, LandboNord,

New Brunswick Dairy Bedding Manual. November 2012 - Published by Milk 2020

Markedsanalyse – og igangværende projekter omkring tørring, Teknologisk Institut

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Appendix.

Rapport over staldforsøg ved Kvægbrugets forsøgscenter. Aarhus Universitet, Foulum.

TEKNOLOGISK
INSTITUT