UNIVERSITY OF COPENHAGEN

Københavns Universitet

Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering

Jensen, Jørgen Dejgård; Gylling, Morten

Publication date:
2018

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Jensen, J. D., & Gylling, M. (2018). *Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering*. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Dokumentation Nr. 2018/3

Download date: 14. 10月. 2026

INSTITUT FOR FØDEVARE- OG RESSOURCEØKONOMI
KØBENHAVNS UNIVERSITET

IFRO Dokumentation

Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering

Jørgen Dejgård Jensen
Morten Gylling

2018 / 3

IFRO Dokumentation 2018 / 3

Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering

Forfattere: Jørgen Dejgård Jensen, Morten Gylling

Denne dokumentation er udarbejdet i regi af projekterne BioValue (støttet af Innovationsfonden), OrganoFinery (støttet af Miljø- og Fødevareministeriets Grønt Udviklings- og DemonstrationsProgram)

Udgivet april 2018

Se øvrige udgivelser i serien IFRO Dokumentation her:
http://www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/dokumentation/

Se myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi (IFRO)
Københavns Universitet
Rolighedsvej 25
1958 Frederiksberg
www.ifro.ku.dk

BIOVALUE SPIR

KU-IFRO
Jørgen Dejgård Jensen & Morten Gylling
21. marts 2018

Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering

Forord

Nærværende notat vurderer de økonomiske potentialer ved såkaldt Grøn Bioraffinering, det vil sige raffinering af græsprotein til protein, som er fordøjelig for blandt andet svin og fjerkræ.

Notatet er udarbejdet som en del af projekterne BioValue (støttet af Innovationsfonden) og OrganoFinery (støttet af Miljø- og Fødevareministeriets Grønt Udviklings- og Demonstrations Program).

Beregningerne i notatet bygger dels på publicerede data og dels på data og informationer fra projektpartnere i de to forskningsprojekter. Beregningerne vedrørende bioraffineringen bygger på resultaterne fra Biovalue AP2, proteinfremstilling, og udgør 80 procent af aktiviteten, mens fremskaffelse og håndtering af økologisk biomasse bygger på resultater fra OrganoFinery og udgør 20 procent af aktiviteten.

Notatet er udarbejdet som en del af platformen "Socioeconomics, Sustainability and Ethics (SeSE)" i BioValue-projektet.

Sammenfatning

Notatet vurderer de økonomiske potentialer ved Grøn Bioraffinering, det vil sige raffinering af græsprotein til protein som er fordøjelig for blandt andet svin og fjerkræ.

De samlede omkostninger udgør 846 kroner per ton TS-behandlet biomasse, når bidrag fra sidestrømmene er indregnet, svarende til 9,95 kroner per kg rent protein – eller 4,48 kroner per kg "sojaskrå-ækvivalent". Omkostningen per kg økologisk grøn protein er 10,00 kroner per kg rent protein, svarende til en pris på 4,50 kroner per kg "sojaskrå-ækvivalent".

De gennemførte beregninger tyder således umiddelbart på, at det med de opstillede forudsætninger og den nuværende teknologi vil være vanskeligt at producere grøn protein, som er økonomisk konkurrencedygtig med en markedspris på 2,50 kroner per kg for konventionel GM sojaskrå. Derimod er produktion af økologisk grøn protein økonomisk konkurrencedygtig med økologisk sojaprotein, og for non-GM grøn protein synes økonomisk konkurrencedygtighed også at være inden for rækkevidde. En række forhold taler for, at der kan være muligheder for at forbedre økonomien i den grønne værdikæde, i takt med at bioraffineringsteknologien modnes, og drift og lokalisering af anlæg og biomasse optimeres.

Indledning

Nærværende notat giver en række vurderinger af de økonomiske potentialer ved Grøn Bioraffinering, det vil sige raffinering af græs- og kløverprotein til protein, som er fordøjelig for enmavede husdyr (for eksempel svin og fjerkræ). Vurderingerne er baseret på økonomiske beregninger i relation til et bioraffineringsanlæg med en årlig produktionskapacitet på 20.000 tons TS fra kløvergræs. Raffineringsprocessen giver tre slutprodukter:

1) tørret protein, som er fordøjelig for enmavede dyr
2) fiberfraktion (pulp), der kan anvendes som grovfoder til drøvtyggere
3) restfraktion (brunsaft), der anvendes som råvare i biogasproduktion.

De økonomiske beregninger i det følgende omfatter omkostninger i forbindelse med selve bioraffineringen, omkostninger til dyrkning af biomassen, samt omkostninger til transport af såvel uforarbejdet biomasse som fiber- og restfraktioner.

Metoder, datagrundlag og beregningsforudsætninger

I det følgende redegøres kort for de anvendte beregningsforudsætninger. En detaljeret oversigt over de konkrete forudsætninger er givet i Appendiks 1.

Bioraffinering

Data vedrørende processer og omkostninger i bioraffineringsleddet stammer for en stor del fra BioValue-partnere på Aarhus Universitet, samt beregninger gennemført af SEGES. Der tages udgangspunkt i et anlæg med en årlig driftstid på 3.000 timer og en kapacitet på 20.000 tons TS (tørstof) kløvergræs per år. Med en

tørstofprocent på 18 svarer det til cirka 111.000 tons frisk kløvergræs per år. For hvert trin i værdikæden er der estimeret masseflows, forbrug af hjælpestoffer og energi, samt investeringsbehov og arbejdsindsats.

Det forudsættes overordnet, at bioraffineringsanlægget producerer cirka 3.600 tons TS-tørret proteinkoncentrat (med et proteinindhold på 47 procent af tørstoffet), 14.000 tons TS-pulp til kvægfoder, samt 2500 tons TS-brunsaft til biogas. Det producerede proteinkoncentrat værdisættes ud fra en antagelse om, at proteinet (omregnet til sojaskrå-ækvivalenter med et proteinindhold på 45 procent) er en direkte substitut til protein fra sojaskrå, som forudsættes at have en markedspris på 2,50 kroner per kg. Pulpen forudsættes at have samme foderværdi som græs. Således har en foderenhed pulp værdien 1,27 kroner, fratrukket omkostninger til at transportere pulpen fra bioraffinaderiet til kvægstalden (og dermed en værdi på 908 kroner per ton TS). Brunsaften værdisættes baseret på værdien af saftens biogaspotentiale, fratrukket håndteringsomkostninger på biogasanlægget samt transportomkostninger fra bioraffineringsanlæg til biogasanlæg og fra biogasanlæg til mark. Da håndterings- og transportomkostninger overstiger værdien af gasproduktionen, er nettoværdien af brunsaften negativ (-161 kroner per ton DM).

Etablering af bioraffinaderiet forudsættes at kræve en samlet investering på 20 millioner kroner, som antages forrentet med 4 procent og afskrevet over 10-15 år, samt at afstedkomme årlige vedligeholdelsesomkostninger på op til 5 procent af investeringen. Driften af selve anlægget antages at kræve 5.000 arbejdstimer per år (samlet årlig personaleomkostning på knap 1,5 millioner kroner), samt input af energi og hjælpestoffer til en samlet omkostning på cirka 2,3 millioner kroner per år.

Dyrkningsomkostninger

Forsyning af et bioraffineringsanlæg med en årlig kapacitet på 20.000 tons tørstof fra kløvergræs kræver et græsareal i størrelsesordenen 2.600 ha.

I de økonomiske vurderinger regnes med en dyrkningsomkostning for græs på 1,27 kroner/FE[1] (ab mark), som er den pris, der regnes med i Farmtal Onlines driftskalkuler[2]. Prisen afspejler græssets alternativværdi, hvis det anvendes umiddelbart som grovfoder og antages at give fuld dækning af produktionsomkostningerne (inklusive jordleje) på langt sigt. Af disse dyrkningsomkostninger udgør omkostninger til jordleje i størrelsesordenen 15-20 procent.

Sidestrømme

I værdikæden er der som nævnt antaget to sidestrømme. Efter forbehandling og separation af den uforarbejdede biomasse i en flydende (grønsaft) og en fast fraktion (pulp) antages den faste fraktion at kunne udnyttes som grovfoder til kvæg. Konkret antages det, at pulpen indeholder 70 procent af kløvergræssets oprindelige foderenheder, og disse foderenheder antages at erstatte "traditionel" grovfoder i forholdet én-til-én. En foderenhed pulp har således en værdi på 1,27 kroner.

[1] FE: foderenhed. 1,27 kroner/FE svarer til 1019 kroner per ton tørstof i kløvergræs.
[2] Kilde: Farmtal Online (2018). Til sammenligning viser tal fra Danmarks Statistik (Økonomien i jordbrugets produktionsgrene, div. årgange) dyrkningsomkostninger i størrelsesordenen 1,36 kroner/FE som gennemsnit over de senere år, mens der i andre beregninger er forudsat dyrkningsomkostninger på 1,17 kroner/FE (Fog & Thierry, 2016).

Efter fermentering af den flydende fraktion kommer en restfraktion (brunsaft), som antages leveret til afgasning i biogasanlæg. Brunsaften forudsættes at have et gaspotentiale på 16 Nm^3 biogas per ton brunsaft, svarende til cirka 370 Nm^3 per ton TS i brunsaften. Den producerede biogas forudsættes afsat til en pris på 4,50 kroner/Nm^3, og håndtering af brunsaften på biogasanlægget forudsættes at koste 60 kroner per ton brunsaft.

Transport

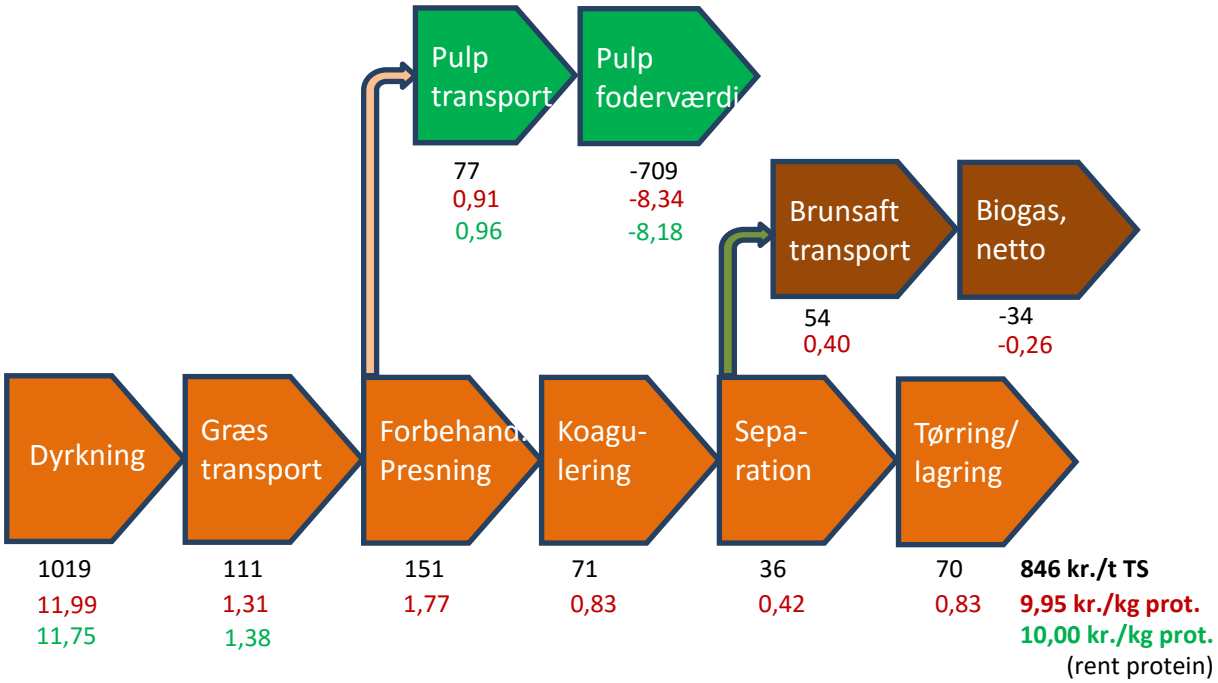
Der er estimeret transportomkostningsmodeller baseret på kalkuledata fra SEGES. For transport af brunsaft er transportomkostningerne per ton brunsaft antaget at være en lineær funktion af afstanden (hvor en ekstra km koster 0,82 kroner/ton), mens de gennemsnitlige transportomkostninger per ton per km for græs og pulp antages at være aftagende med afstanden (kvadratisk omkostningsfunktion). Der regnes med gennemsnitligt 10 km transport af grøn biomasse (frisk kløvergræs) til bioraffinaderiet (gennemsnitspris på 11,12 kroner/ton TS/km, inklusive af- og pålæsning), 10 km transport af pulp fra bioraffinaderiet til kvægbedrifter (pris 11,12 kroner/ton TS/km) og 10 km transport af brunsaft (pris 1,89 kroner/ton brunsaft/km). Disse transportomkostningsforudsætninger afhænger dog af blandt andet transportudstyr, transportudstyrets kapacitet og læssemetode.

Sondring mellem konventionel og økologisk værdikæde

I beregningerne er der skelnet mellem værdikæder for henholdsvis konventionel og økologisk produktion af græs- og kløverprotein. De to værdikæder adskiller sig fra hinanden på tre punkter: Dyrkningsomkostninger er højere for økologisk kløvergræs, værdien af økologisk pulp som grovfoder til kvæg svarer til prisen på økologisk kløvergræs, som anvendes til grovfoder, og transportomkostningerne til økologisk græs og pulp er højere. På baggrund af data for produktionsomkostninger i økologisk og konventionel græsproduktion antages prisen på økologisk kløvergræs dog at være på niveau med prisen for konventionelt dyrket kløvergræs. Transportomkostninger til økologisk græs og pulp er derimod højere end for konventionel, dels fordi der skal indhentes græs fra et større areal grundet lavere høstudbytte per hektar, og dels fordi der gennemsnitligt er større afstand mellem økologiske end konventionelle kløvergræsarealer. Der regnes med en 13 procent højere gennemsnitlig transportafstand for økologisk græs og pulp sammenlignet med konventionel. Derimod er raffineringsomkostninger per ton tørstof antaget at være ens for konventionel og økologisk produktion.

Resultater

Resultater af beregningerne er opsummeret i figur 1, hvor omkostningerne til produktion af grøn protein er dekomponeret til de forskellige trin i værdikæden. Omkostningerne er dels opgjort per ton TS i kløvergræsset (angivet med sort skrift i figuren), og dels per kg rent protein (angivet med rød skrift).



Figur 1. Omkostninger i værdikæden for grøn protein

Som det fremgår af figuren, udgør de samlede omkostninger 846 kroner per ton TS behandlet, når værdien af bidrag fra sidestrømmene er modregnet, svarende til 9,95 kroner per kg rent protein. Heraf udgør omkostningerne til selve græsproduktionen mere end halvdelen af de samlede bruttoomkostninger på 1.761 kroner per ton TS (før modregning af værdien af sidestrømme, svarende til summen af de positive sorte tal i figuren), og transportomkostninger udgør 10-15 procent.

Omkostningen per kg produceret protein kan omregnes til omkostningen per "sojaskrå-ækvivalent" og kan dermed sammenlignes med prisen på protein i sojaskrå. Antages et proteinindhold på 45 procent i sojaskrå, svarer omkostningen for konventionel grøn protein til cirka 4,48 kroner per kg "sojaskrå-ækvivalent". Denne pris kan sammenlignes med markedsprisen på konventionel non-GM sojaskrå på cirka 3,65 kroner/kg, mens prisen på GM-holdig sojaskrå er 2,50 kroner/kg. Omkostningen per kg økologisk grøn protein er 10,00 kroner per kg rent protein (angivet med grøn skrift i figur 1), svarende til en pris på 4,50 kroner per kg "sojaskrå-ækvivalent", som kan sammenlignes med en aktuel markedspris på økologisk sojaskrå på 5,35 kroner per kg.

Der findes kun en begrænset litteratur med sammenlignelige studier af økonomien i grøn bioraffinering. Ét relevant studie er dog Kamm et al. (2010), som gennemgår et bioraffineringskoncept, som nogenlunde svarer til det her betragtede, dog med en noget mindre anlægsstørrelse, under tyske forhold. Her findes en samlet bruttoomkostning på bioraffineringsanlægget i størrelsesorden 150 euro per ton tørstof, inklusive omkostninger til forrentning og afskrivning på investeringer[3].

[3] Det er dog vanskeligt at gennemskue graden af sammenlignelighed med nærværende beregning, da studiet af Kamm et al. (2010) ikke indeholder detaljerede oplysninger om graden og typen af forædling af proteinkoncentrat og øvrige produkter fra biomassen.

Selskabsøkonomiske vurderinger

Baseret på de opstillede beregningsforudsætninger kan økonomien opstilles fra en selskabsøkonomisk betragtning (tabel 1), hvor bioraffinaderiets lønsomhed vurderes under givne forudsætninger om markedspriser på produkter og indsatsfaktorer. Hvis det forudsættes, at produktionen af tørret protein værdisættes ud fra en markedspris på 2,50 kroner/kg sojaskrå-ækvivalent (konventionel), at biomassen og presseresten/pulpen værdisættes ud fra en pris på 1,27 kroner/FE, og at brunsaften værdiansættes ud fra dens biogaspotentiale (hvor værdien af græs, pulp og brunsaft er justeret for transportomkostninger)[4], vil det konventionelle bioraffinaderi have et årligt underskud på cirka 7,5 millioner kroner.

Tabel 1. Selskabsøkonomisk beregning

		Konventionel		Økologisk	
	Mængde	Pris (kr./ton)	Beløb (t.kr./år)	Pris (kr./ton)	Beløb (t.kr./år)
Indtægter					
Tørret protein (sojaskrå-ækv.)	3778	2500	9445	5000	18889
Presserest (FE)	11166	1131	12633	1093	12206
Brunsaft (tons)	57292	-6,90	-396	-6,90	-396
Indtægter i alt			*21682*		*30656*
Omkostninger					
Biomasse (FE)	16044	1409	22601	1406	22551
Hjælpestoffer			727		727
Energi			1525		1525
Personaleomkostninger			1474		1474
Kapitalomkostninger	20000		2834		2834
Omkostninger i alt			*29160*		*29036*
Resultat			**-7478**		**1620**

I modsætning hertil vil et bioraffinaderi baseret på økologisk dyrket kløvergræs og med salg af økologisk protein være rentabelt, med et årligt overskud på godt 1,6 million kroner under de givne forudsætninger. Det er navnlig en noget højere forudsat salgspris på proteinet (5000 kroner/ton[5]), der fører til det noget bedre resultat for økologisk end for konventionel proteinproduktion, idet omkostningerne ligger på stort set samme niveau for henholdsvis konventionel og økologisk produktion.

Ud fra den selskabsøkonomiske beregning er det muligt at beregne en break-even-pris (det vil sige den pris, for hvilken indtægterne netop dækker omkostningerne) på enten proteinproduktet eller biomassen – når

[4] En negativ nettoværdi på brunsaften til biogasfremstilling (når der tages hensyn til håndterings- og transportomkostninger) virker ikke umiddelbart økonomisk favorabel, men kan godt være den mindst bekostelige måde at bortskaffe brunsaften på. I notatets diskussionsafsnit nævnes dog potentielle muligheder for at øge nettoværdien af brunsaften.

[5] En lidt konservativ prisforudsætning i lyset er en aktuel markedspris på økologisk sojaskrå i størrelsesordenen 5350 kroner/ton.

de øvrige priser antages at være lig med markedspriserne. I det konventionelle tilfælde kan break-even-prisen på græs beregnes til 0,94 kroner/FE (=(22601-7478)/16044 – under forudsætning af en proteinpris på 2,50 kroner per kg sojaskrå-ækvivalent). Såfremt proteinet kan sælges til en pris på 2,50 kroner per kg sojaskrå-ækvivalent, vil bioraffinaderiet således være i stand til at betale græsproducenterne en pris på 0,94 kroner/FE (inklusive leveringsomkostning; 0,80 kroner/FE eksklusive leveringsomkostning).

Under forudsætning af en græspris på 1,27 kroner/FE kan man alternativt opgøre break-even-prisen på proteinproduktet ud fra den selskabsøkonomiske beregning i tabel 1. Denne break-even-pris er cirka 4,48 kroner per kg sojaskrå-ækvivalent (= (29160-12633+396)/3778). I den animalske landbrugsproduktion vil dette svare til meromkostninger på 10 øre per kg mælk, 71 øre per kg svinekød og 69 øre per kg kylling, hvis sojaskrå erstattes med græsprotein, og foderplaner med videre i øvrigt holdes uændret, jævnfør beregninger baseret på kalkuletal fra Farmtal Online.

Landmændenes økonomiske incitamenter til at dyrke kløvergræs til bioraffinering afhænger af forholdet mellem det økonomiske afkast i græsdyrkningen overfor andre afgrøder. Med udgangspunkt i dækningsbidragskalkuler[6] vurderes det, at ved en græspris på 1,27 kroner/FE vil dyrkning af kløvergræs være konkurrencedygtig i forhold til for eksempel majs til helsæd, og også i forhold til kornsædskifter på bedrifter, hvor gødskningen er baseret på husdyrgødning. Ved en afregningspris på 1 krone per FE kløvergræs vil afkastet til biomasseproduktionen være nogenlunde på niveau med afkastet til et kornsædskifte på sandjord med husdyrgødning, men være lavere på lerjord og på bedrifter, som ikke anvender husdyrgødning. For afregningspriser under 1 krone per FE vil biomasseproduktion ikke være konkurrencedygtig i forhold til andre anvendelser af omdriftsarealer. Umiddelbart tyder beregningerne på, at det er mere fordelagtigt at omlægge kornarealer end grovfoderarealer til biomasseproduktion, med de anvendte prisforudsætninger for korn og grovfoder, og dermed at det i højere grad vil være sandjordsbedrifter uden grovfoderproduktion, der vil bidrage mest til biomassegrundlaget. På den anden side vil kvægbedrifter (hvoraf mange er lokaliseret på sandjord) kunne levere biomasse til raffinering uden at skulle omstille deres produktion i stort omfang, hvis de kan dække en stor del af deres grovfoderbehov med pulp fra bioraffinaderiet.

Følsomhedsvurderinger

Det selskabsøkonomiske resultat er i høj grad afhængigt af de forudsatte prisforhold (tabel 2). En stigning i proteinprisen på 0,50 kroner pr kg sojaskrå-ækvivalent vil således forbedre det økonomiske resultat med cirka 1,9 millioner kroner årligt fra et underskud på cirka 7,5 millioner kroner til et underskud på cirka 5,6 millioner kroner (og omvendt i tilfælde af et fald i proteinprisen), mens en 1,20 kroner/kg merpris (svarende til den aktuelle markedspris for non-GM sojaskrå) vil kunne forbedre resultatet med cirka 4,5 millioner kroner årligt (til et underskud på 3,9 millioner kroner) – eller muliggøre en højere afregningspris til græsproducenterne. En lavere råvareomkostning (0,10 kroner mindre per FE græs) vil kunne forbedre det selskabsøkonomiske resultat med cirka en halv millioner kroner. En lavere pris på kløvergræsset medfører også en lavere break-even-pris på græsset, fordi værdien af den afsatte pulp også falder, og pulpen bidrager således mindre til det overskud, som skal betale for biomassen.

[6] Kilde: Farmtal Online (2018)

Udbytteniveauet i kløvergræsproduktionen spiller også en rolle for dyrkningsøkonomien og dermed for økonomien i den samlede værdikæde. Et højere høstudbytte per hektar (for eksempel gennem valg af græssorter med højere biomasseudbytte) vil dels reducere de gennemsnitlige omkostninger til biomassen, men vil også have betydning for arealbehovet og dermed for transportafstandene. Der er gennemført en følsomhedsberegning, hvor græsudbyttet antages øget med 2.000 FE/ha, hvorved de gennemsnitlige dyrkningsomkostninger antages reduceret med cirka 15 procent, og de gennemsnitlige transportafstande reduceres med cirka 10 procent. Værdien af pulpen forudsættes derimod opretholdt på udgangsniveauet (1,27 kroner/FE). Følsomhedsberegningen viser at dette vil kunne forbedre det økonomiske resultat med ca. 3,3 millioner kroner (til et underskud i størrelsesordenen 4,2 millioner kroner). Der kunne også tænkes skift af afgrødetilpasninger i retning af græssorter med højere proteinindhold. Der er ikke foretaget følsomhedsberegninger i forhold hertil, men sådanne skift kan formodes at øge proteinudbyttet uden at have væsentlige implikationer for omkostningerne – og dermed indebære en lavere gennemsnitsomkostning per kg produceret protein.

Også transportafstande spiller en rolle for økonomien. En 5 km kortere gennemsnitlig afstand fra mark til anlæg vurderes således at kunne forbedre resultatet med cirka trekvart million kroner per år, mens en 10 km længere gennemsnitlig afstand vil kunne forringe resultatet med cirka 2,3 millioner kroner.

Tabel 2. Følsomhedsberegning, selskabsøkonomi

	Partiel ændring i forudsætning	Selskabs-økonomisk resultat (1000 kr.)	Break-even-pris, protein (kr./kg sojaskrå-ækvivalent)	Break-even-pris, græs (kr./FE)
Baselineberegning		-7478	4,48	0,94
Proteinpris (kr./kg)	- 0,50 kr./kg	-9367	4,48	0,82
	+ 0,50 kr./kg	-5589	4,48	1,06
	+ 1,20 kr./kg (non-GM)	-2945	4,48	1,23
Græspris (kr./FE)	- 0,10 kr./FE	-6990	4,35	0,87
	+ 0,10 kr./FE	-7966	4,61	1,01
Græsudbytte (FE/ha)	+ 2000 FE/ha	-4168	3,60	0,94
Gns. afstand, mark til anlæg	5 km	-6366	4,19	0,94
	15 km	-8590	4,77	0,94
	20 km	-9703	5,07	0,94
	25 km	-10815	5,36	0,94
Gns. afstand, anlæg til kvæg	5 km	-6704	4,27	0,99
	15 km	-8252	4,68	0,89
	20 km	-9026	4,89	0,85
	25 km	-9800	5,09	0,80

Diskussion

Primærproduktion udgør den væsentligste omkostningskomponent i den grønne proteinkæde (cirka to tredjedele af bruttoomkostningerne). Der er en ikke ubetydelig år-til-år variation i omkostningerne til denne primærproduktion – for landbruget som helhed og på den enkelte bedrift, og det vil også give sig

udslag i en variation i råvareomkostningen til raffinaderiet. Dyrkning af mere højtydende græssorter kan bidrage til at reducere disse råvareomkostninger, og der kan eventuelt være visse besparelsespotentialer i kombinationen af høst og transport til bioraffinaderiet (Hermansen et al., 2017).

Som nævnt udgør jordleje 15-20 procent af de samlede dyrkningsomkostninger til kløvergræs. I det omfang dyrkning af biomasse kan ske på arealer, som ikke har anden lønsom anvendelse (for eksempel som følge af miljømæssige begrænsninger), kan der ses bort fra denne del af dyrkningsomkostningerne, hvorved omkostningen per kg rent protein reduceres med cirka 1,50 kroner (og per kg sojaskrå med knap det halve). Også på miljøfølsomme arealer, som ikke må behandles med pesticider, vil den effektive jordleje ud fra den ovennævnte alternative værdibetragtning være lavere end markedsgennemsnittet, hvorved dyrkning af kløvergræs bliver mere konkurrencedygtig i forhold til sædskifter med for eksempel korn og raps.

Transport er en anden væsentlig omkostningspost. Transportomkostningerne afhænger i sagens natur af de relevante transportafstande, og dette har en ikke uvæsentlig betydning for de samlede omkostninger. Det er således væsentligt, at bioraffineringsanlæggene lokaliseres i geografiske områder, hvor der er korte afstande til leverandørerne og til aftagerne af pulpen.

Det er i beregningerne forudsat, at det udvundne protein fra kløvergræs har en foderværdi svarende til protein fra sojaskrå. Resultater rapporteret i Hermansen et al. (2017) viser, at sammensætningen af aminosyrer er sammenlignelig i de to typer protein, og det vurderes på den baggrund rimeligt at antage, at det udvundne protein fra kløvergræs kan erstatte soyaprotein som fodermiddel, idet Hermansen et al. (2017) dog påpeger et behov for yderligere forskning i effekten af et sådant skift på produktiviteten. På længere sigt kunne man forestille sig udvinding af proteinprodukter, som har andre – og mere værdifulde – anvendelser end som erstatning for sojaprotein, eksempelvis som *human-grade* proteinprodukter, og at værdien af proteinet således kunne blive højere end det, som er lagt til grund for nærværende beregninger.

Værdien af pulpen er en afgørende post i forhold til økonomien i den grønne værdikæde. I beregningerne er det antaget, at foderenheder i pulpen har samme foderværdi – og dermed økonomiske værdi – som græs. Der er dog foreløbige forskningsresultater, som tyder på en potentielt højere foderværdi i pulpen, og dermed, at den anvendte værdiansættelse eventuelt kan være udtryk for et underkantsskøn. Der udestår dog et behov for yderligere dokumentation heraf. Også her kunne man på længere sigt forestille sig, at der potentielt kunne udvindes mere værdifulde produkter fra pulpen – herunder raffinerede proteinprodukter – som også kunne bidrage til at øge outputværdien fra bioraffineringen.

Brunsaften, der antages anvendt til biogasproduktion, er værdiansat ud fra det potentielle gasudbytte, hvis brunsaften tilsættes direkte i eksisterende gyllebaserede biogasanlæg. Dette kan tages som en relativt konservativ værdiansættelse med en høj håndteringsomkostning og en signifikant transportudgift. Ved opkoncentrering af juicen decentralt eller ved anvendelse af dedikerede højeffektive biogasreaktorer (UASB) vil brunsaften kunne give et positivt økonomisk bidrag til økonomien i stedet for det her beregnede negative bidrag. Prisfastsættelsen af den producerede biogas er baseret på det nuværende støtteregime for biogasproduktion, som udløber i 2021. Eventuelle fremtidige ændringer i subsidieringen af biogasproduktion kan få betydning for afregningsprisen for biogassen og dermed for det økonomiske bidrag fra anvendelsen af brunsaften til biogasfremstilling. Brunsaftens indhold af plantenæringsstoffer (kvælstof, fosfor og kalium) er ikke opgjort og værdiansat, hvorfor værdisætningen af brunsaften kan være udtryk for et underkantsskøn, hvis den afgassede brunsaft udbringes på landbrugsjord.

Selve raffineringsprocessen udgør de resterende cirka 15-20 procent af omkostningerne. Da den betragtede teknologi til denne raffinering må betragtes som forholdsvis umoden i fuld skala, må der formodes at være et potentiale for omkostningsreduktioner i takt med modning af teknologien og skalaøkonomi i fremstillingen af inventar til bioraffinaderier.

Konklusioner

De gennemførte beregninger tyder på, at økologisk grøn protein kan være tæt på at være økonomisk konkurrencedygtig med økologisk sojaprotein, og for non-GM grøn protein synes økonomisk konkurrencedygtighed også at være inden for rækkevidde, hvis det kan lægges til grund, at prisen på non-GM sojaskrå de kommende år fortsat vil være markant højere end prisen på GM sojaskrå. Derimod vurderes det med de opstillede forudsætninger at være vanskeligere at gøre konventionel grøn protein økonomisk konkurrencedygtig med konventionel sojaskrå uden yderligere udviklinger af teknologien.

En række forhold taler for, at der kan være muligheder for at forbedre økonomien i den grønne værdikæde, i takt med at bioraffineringsteknologien modnes, ligesom optimering af anlæggenes lokalisering i forhold til biomassen kan bidrage til at reducere transportomkostningerne og dermed værdikædens samlede omkostninger. Endelig ventes det, at brunsaften vil kunne give et positivt merbidrag til økonomien med en relativt beskeden merinvestering.

Referencer

Farmtal Online (2018). Diverse budgetkalkuler.
https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx

Fog E. & Thierry A.M. (2016). Er der økonomi i at udvinde protein fra græs gennem bioraffinering? Landbrugsinfo.

Hermansen J.E., Jørgensen U., Lærke P.E., Manevski K., Boelt B., Jensen S.K., Weisbjerg M.R., Dalsgaard T.K., Danielsen M., Asp T., Ambye-Jensen M., Sørensen C.A.G., Jensen M.V., Gylling M., Lindedam J., Lübeck M. & Fog E. (2017). Green Biomass - Protein production through bio-refining, DCA report nr. 093, Aarhus Universitet.

Kamm B., Hille C., Schönicke P. & Dautzenberg G. (2010). Green biorefinery demonstration plant in Havelland (Germany). Biofuels, Bioproducts & Biorefining 4: 253-262.

Appendiks 1. Beregningsforudsætninger

Bioraffineringsanlæg, kapacitet	20000	tons DM/år	1111111	hkg frisk græs
Dyrkning af biomasse				
Frisk græs, tørstofandel	18 %			
Græsudbytte per ha	7395	FE/ha (konv)	5852	FE/ha (øko)
Græsareal	2624	ha (konv)	3315	ha (øko)
Dyrkningsomkostning	1,27	kr./FE	1,25	kr/FE (øko)
	18,34	kr/hkg græs	17,98	kr/hkg græs (øko)
Biomasse transport				
Gns. transportafstand	10	km	11	km (øko)
Transportomkostning	11,12	kr./t/km		
Bioraffinering				
Bioraffineringsanlæg, investeringer	20000	t.kr.	2834	t.kr./år
Personale			1474	t.kr./år
Hjælpestoffer			727	t.kr./år
Energi			1525	t.kr./år
Tørret protein				
Tørret protein andel af biomasse	18 %	DM		
Sojaskråpris	2,50	kr./kg		
Fiberfraktion (presserest)				
Presserests andel af DM biomasse	70 %			
Presserest, tørstofandel	34 %			
Presserest, foderværdi	0,27	FE/kg		
Gns. transportafstand	10	km	11	km (øko)
Transportomkostning, presserest	11,12	kr./t/km		
Restfraktion (brunsaft)				
Brunsaft andel af DM biomass	12 %			
Brunsaft, tørstofandel	4 %			
Biogasudbytte	0,016	Nm3/kg brunsaft		
Biogaspris	4,5	kr./Nm3		
Håndteringsomkostninger på biogasanlæg	60	kr./ton brunsaft		
Gns. transportafstand	10	km		
Transportomkostninger brunsaft	1,89	kr./t/km		

Kilder: Morten Ambye-Jensen (personlig kommentar); SEGES (personlig kommentar); Fog & Thierry (2016)