

FarmTest

TEKNIKKER TIL HØST OG PRESNING AF GRÆS TIL UDVINDING AF PROTEIN



TEKNIKKER TIL HØST OG PRESNING AF GRÆS TIL UDVINDING AF PROTEIN

**Titel**

Teknikker til høst og presning af græs til udvinding af protein

Forfattere

Maskinkonsulent Karl Jørgen Nielsen, KJN Maskinrådgivning
Seniorkonsulent Lone Abildgaard, SEGES

Review

Kasper Stougård, SEGES

Forsidefoto

Torben Spanggaard Frandsen, SEGES

Layout

Connie Vyrzt Pedersen, SEGES

Tryk

PrimaPrint

Udgave

1. udgave, maj 2018

Oplag

10 stk.

Udgiver

SEGES
Landbrug og Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15, Skejby
8200 Aarhus N
Telefon 8740 5000 | Fax 8740 5010

E-mail farmtest@seges.dk

www.farmtest.dk

ISSN 1601-6777

STØTTET AF

promilleafgiftsfonden
for landbrug

INDHOLD

SAMMENDRAG	4
BAGGRUND OG FORMÅL	5
Baggrund	5
Formål	5
FARMTESTENS METODE	6
Opgavebeskrivelse	6
BESKRIVELSE AF PROCESSEN FRA HØST TIL PROTEINFREMSTILLING	7
Step 1. Høst og transport fra mark til procesanlæg	7
Step 2. Presning af saft	7
Step 3. Udfældning af proteiner	7
Step 4. Centrifugering af den grønne juice	7
Step 5. Tørring af proteinpasta	7
TEKNIK TIL HØST PÅ MARKEN	8
Teknik til hentning af frisk græs på marken	8
Skårlægning og snitning i samme arbejdsgang - system 1	8
Opsamlevogn med lang snitlængde - system 2	10
Skårlægning og opsamling med snittevogn - system 3	11
Selvkørende finsnitter med to frakørselsvogne - system 4	12
Selvkørende finsnitter med efterspændt vogn - system 5	13
Andre systemer	13
Udstyr til læsning fra mark direkte i lastbil	14
UDBYTTER I MARKEN OG MÆNGDE DER SKAL BEHANDLES	15
Udbytte af græs i form af vådvægt, tørstof og protein hen over sæsonen	15
HÅNDTERING PÅ FABRIK	17
Modtageanlæg	18
Modtageanlæg med aflæsning i påslag med vandregulv	18
Modtageanlæg med aftipningsgrav	20
Modtageanlæg med aflæsning på gulv og ifyldning med læssemaskine	20
Opsummering på modtageanlæg	20
FRA MODTAGEANLÆG TIL SKRUEPRESSER	21
Hamtermølle til håndtering af langstrået høstet græs før skruepresse	21
Forbehandling og presning af finsnittet græs og langstrået græs	22
Beskrivelse af skruepresse og system til forbehandling af finsnittet græs	22
Presning af saft med mobilt forbehandlingsanlæg	23
SAMARBEJDE MED BIOGASANLÆG	25
PERSPEKTIVER, KONKLUSION OG KOMMENTARER	26

SAMMENDRAG

Farmtestens formål er at belyse forskellige teknikker til høst af græs og kløvergræs på marken, og senere efterbehandling på bioraffinaderi til udtrækning af protein fra græsset.

Det er afgørende for den videre udvikling med udtrækning af protein, at høsten foregår effektivt og rationelt. Dels for at få omkostninger ned i et niveau, hvor græsproteinet kan konkurrere med alternative proteinkilder men også fordi proteinets kvalitet let forringes. Høstteknikken skal minimere saftudløb fra græsset og sikre, at græsset kan processeres så hurtigt som muligt efter høsten. Endelig kræver den videre forarbejdning af græsset at høsten gennemføres med en teknik, der sikrer mindst mulig opsamling af sand- og jord sammen med græsset.

På bioraffinaderiets modtageanlæg skal der være et flow, der sikrer, at græsset forbehandles i den rækkefølge, det ankommer. Den bedste løsning vurderes at være et indtag med vandregulv, hvor der kan aflæsses direkte ned i påslaget. Det sikrer minimum håndtering, og at græsset automatisk føres hen mod forbehandlingsanlægget.

Inden saften skal presses ud af græsset med en skruepresse, bør græsset findeles i en shredder, grinder eller lignende. Det vil sikre en ensartet dosering, og at en større del af saften kan presses ud.

Under udarbejdelse af rapporten har det vist sig, at der udvikles videre på et mobilt anlæg til presning af saft på bedriften. Anlægget har større kapacitet end hidtil kendte anlæg. Presning af græsset på bedriften vil kunne reducere transportomkostninger og omkostninger til modtageanlægget betydeligt, da pressekagen forbliver på bedriften mens græssaften køres til videre forarbejdning på bioraffinaderiet. Pressekagen vil kunne anvendes til kvægfoder på bedriften eller anvendes til biogasproduktion.

Valg af høstmetode og teknik til forbehandling på bioraffinaderiet hænger sammen, da høst af græs med minimal snitning vil stille større krav til oprivning og forbehandling på anlægget, end hvis græsset blev fint snittet allerede ude på marken. Valg af system vil afhænge af hvordan den højeste kvalitet af grønsaft kan opnås, og i den sidste ende, hvor meget protein, der kan udvindes pr. ton græs.

Rapporten er udarbejdet i projektet Det Biobaserede Samfund som støttes af Promilleafgiftsfonden

BAGGRUND OG FORMÅL

Baggrund

Farmtesten bygger videre på erfaringer og resultater indhentet fra andre projekter som BioValue og OrganoFinery. I disse projekter er det undersøgt, hvordan processen med udvinning af protein fra græs kan gennemføres, og hvor højt udbytte der kan forventes.

På Aarhus Universitet, Foulum, er der gennemført forsøg med et pilotanlæg til håndtering af ca. 1 ton vådt græs i timen. Erfaringer fra disse forsøg og teknikken, der anvendes, indgår også i farmtesten.

Formål

At undersøge mulighederne for effektivt at høste, transportere og forbehandle græs i et bioraffinaderi med fokus på stor-drift. Der opstilles eksempler på flow fra høst til produktion af grønsaft som første del af raffineringsprocessen med fokus på høj kapacitet, lavt energiforbrug og vedligehold.

Udgangspunktet er høst af tre slæt græs på 3.000 ha med en afstand til bioraffineringsanlægget på højst 25 km.

FARMTESTENS METODE

Opgavebeskrivelse

At beskrive de bedst mulige teknikker til høst og håndtering af kløvergræs, hvorfra der skal udtrækkes protein til fodring af en-mavede dyr.

Der tages udgangspunkt i et græsareal på 3.000 hektar i en afstand af maksimalt 25 km fra anlægget, hvor græsset forarbejdes. Der tages 3 slæt græs fra hver af syv markblokke i løbet af perioden uge 19 til uge 39.

Formålet er at undersøge om behandlingsomkostningerne kan reduceres med udstyr, der har stor kapacitet og dermed kan åbne op for håndtering af større mængder på bioraffinaderiet end det nuværende pilotanlæg.

BESKRIVELSE AF PROCESSEN FRA HØST TIL PROTEINFREMSTILLING

Step 1. Høst og transport fra mark til procesanlæg

Græsset høstes som udgangspunkt i 3 slæt pr. år i perioden fra uge 19 til uge 39. Græsset høstes og transporteres til modtageanlægget på raffinaderiet hurtigst muligt. Afstanden til bioraffinaderiet er indregnet til max. 25 km, og transport foregår med lastbiler. Det er vigtigt, at tiden fra græsset bliver skår-lagt til saften presses ud, er så kort som muligt for at reducere tabet af protein. Undersøgelser på AU Foulum har dog vist, at 8-9 timer fra høst til presning ikke reducerer tabet af protein.*
* Udtalelse fra Morten Ambye Jensen, Aarhus Universitet 30.10.2017.

Step 2. Presning af græs

Det første der sker på bioraffinaderiet - figur 1- efter græsset er ankommet til modtageanlæg er, at det forbehandles mekanisk og presses i en skruepresse for at få den grønne saft udvundet til videre forarbejdning. Den tørre presserest (ca. 30% tørstof) anvendes primært til kvægfoder eller biogasproduktion. Presseresten køres væk fra bioraffinaderiet til ensilering enten hos kvægbrugere eller på biogasanlæg. Alternativt kan presseresten lagres på stedet, hvilket dog vil være pladskrævende.

Step 3. Udfældning af proteiner

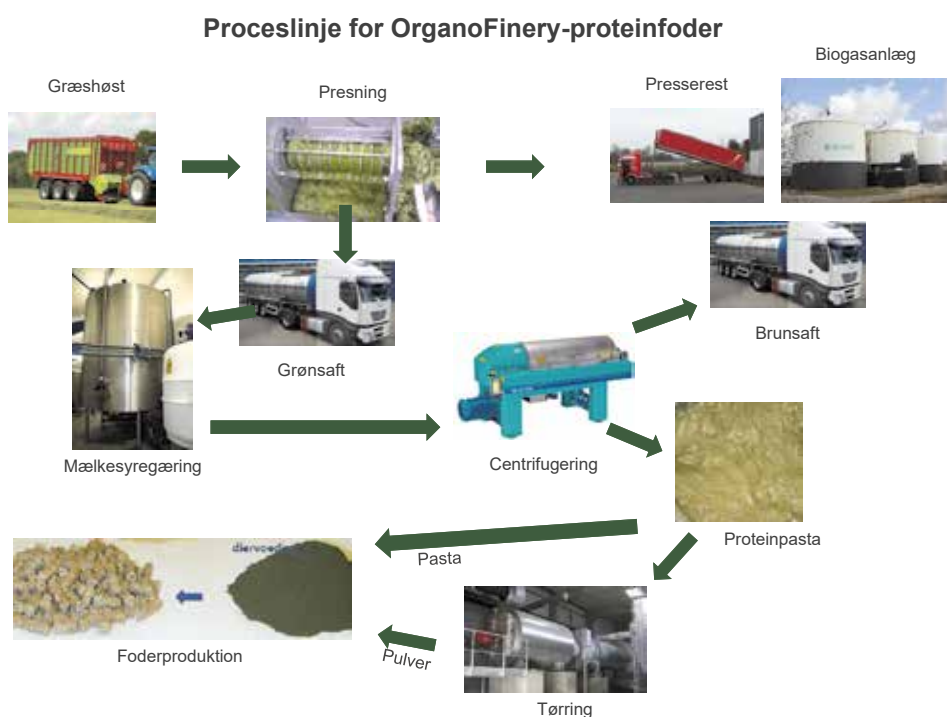
Den grønne saft fra den kolde separering opvarmes til ca. 80° C for at udfælde proteinet. Før opvarmningen skal den grønne saft igennem en proces, hvor sand og jord udskilles. Det kan være via bundfældningstanke, cykloner eller andet udstyr, hvor sand og jord kan adskilles fra saften.

Step 4. Centrifugering af den grønne saft

Den grønne saft adskilles i en dekantercentrifuge til en pasta indeholdende størstedelen af proteinet samt en væskefraktion, der efterfølgende kan anvendes i biogasproduktion. Væskefraktionen kan enten lagres i tanke på bioraffinaderiet eller pumpes/køres til behandling på biogasanlæg, hvor metanen udvindes, og den afgassede biomasse anvendes til gødning på marken.

Step 5. Tørring af proteinpasta

Proteinpastaen tørres og granuleres til det færdige proteinprodukt. En anden mulighed er at anvende pastaen i sin oprindelige form til foder ved iblanding i f.eks. vådfodringsanlæg eller iblanding i foderblanding før presning af foderpiller.



Figur 1. Proceslinje for produktion af protein. Kilde: Landbrugsinfo.dk

TEKNIK TIL HØST PÅ MARKEN

Teknik til hentning af frisk græs på marken

Høstmetoden for græs til proteinfremstilling skal optimeres i forhold til traditionelle høstmetoder ved at mindske saftudtrækningen fra græsset og ved at sikre, at der følger mindst muligt sand og jord med, når græsset indsamles. Endelig skal græsset ikke tørre på marken, men hurtigst muligt bringes til bioraffinaderiet for at mindske nedbrydning af proteinet. Traditionelt bliver græsset finsnittet, og græsstrået åbnes der ved mange steder med risiko for tab af væske og protein. Den optimale høstteknik i dette scenarie vil være at høste græsstråene hele og køre dem direkte til modtageanlægget uden omlæsning.

Det er ikke nyt at hente frisk græs på marken, det gjorde man tidligere ved hjælp af en grønthøster og aflæsservogn, hvor man dagligt kørte frisk græs hjem til køerne. Grønthøsteren klippede græsset af med slagler, der kastede det direkte op i vognen, som derved blev løst læsset med frisk græs. Kapaciteten var ikke stor, og der var ikke mange ton i vognen. I dag er det sjældent, at der køres frisk græs hjem. I stedet finsnit-tes forvejret græs med enten snittevogn eller selvkørende finsnitter. Disse maskiner er udviklet til at have en stor kapacitet og til at kunne fylde vognene med mange ton. Det harmonerer ikke helt sammen med, græsset til proteinfremstilling skal være så friskt som muligt, og at saftafløb fra snitter og

vogne skal undgås. En typisk snittevogn skubber græsset op i vognen forbi en persillehakker (tromle, der trækker græsset forbi modskær/knive). Hvis den fyldes for hårdt, vil der være stort saftafløb. Opsamlevogne med få eller ingen modknive vil være mere skånsomme overfor græsset, men kapaciteten vil være mindre, fordi vognene ikke kan rumme så mange ton, når snittelængden er lang, og græsset ikke presses hårdt sammen i vognen. En almindelig selvkørende finsnitter kan indstilles til at snitte græsset groft med minimalt saftafløb i snitter og vogne. Det gælder også for selvkørende finsnittere, at der kan være færre ton på frakørselsvognene, jo længere snittelængden er.

I følgende afsnit beskrives 5 forskellige systemer til bjærgning af græsset. For sammenlignelighedens skyld er alle systemer sat sammen til at nå en kapacitet på 120 ton i timen.

Skårlægning og snitning i samme arbejdsgang - system 1

Græsset kan høstes med en traktor med frontmonteret skårebord på ca. 3,5 meter og efterfølgende opsamles med en opsamlevogn/snittevogn, se billede 1. Den forholdsvis smalle arbejdsbredde giver mange kørsler og vendinger i marken, hvilket medfører en lav kapacitet. Det vil ikke være muligt at øge fremkørselshastigheden så meget, at der kan opnås sam-



FOTO: PÖTTINGER (PÖTTINGER.AT)

Billede 1. Opsamlevogn med frontmonteret skårlægger.

me kapacitet som ved skårlægning med en 9 meter skårlægger og opsamling med opsamlevogn eller finsnitte. Kapaciteten i marken vurderes at være under det halve af et system med 9 eller 12 meter arbejdsbredde. De mange kørespor kan resultere i udbyttenedgang i forhold til skårlægning og opsamling i et 9 eller 12 meter system med faste kørespor. Skårlægning og opsamling i én arbejdsgang er til gengæld et enkelt system, som også er brugt af landmænd, når der hentes frisk græs direkte i marken. For at opnå en kapacitet på 120 ton/timen skal der anvendes 3 skårlæggere med opsamlevogne.

Umiddelbart er det ikke muligt at undgå, at skårlæggeren lægger græsset på marken, før det opsamles igen af opsamlevognen. Dette er ellers ønsket for at undgå opsamling af sand og jord, som vil påvirke de efterfølgende processer under proteinekstraktionen.

Alternativt kan anvendes en ny type opsamlevogn en zero grazer, Maksigrass.dk se billede 2, hvor skårlæggeren er monteret direkte på opsamlevognen. Derved skal græsset ikke ned på jorden, men opsamles direkte i vognen. Græsset kan høstes med lang snittelængde og transporteres skånsomt, hvorved tabet af græssaft mindskes. Skårlæggerbredden på denne vogntype er også smal som ved den frontmonterede skårlægger, og dermed ligner de kapacitetsmæssigt hinanden.

Det kan ikke afvises, at der i fremtiden kan udvikles teknik, der kan høste græsset i bredder på 9-12 meter, og opsamle det i en opsamlevogn uden at græsset kommer ned at ligge på jorden. Det vil kræve ny sammensætning af teknik, men ved opbygning af selvkørende maskiner der skårlægger og samler med bånd, bør det være muligt at holde græsset over jorden, indtil det kommer i opsamlevogn eller lignende.

SYSTEM 1. FRONTMONTERET SKÅRLÆGGER 3,5M OG OPSAMLEVOGN

	KAPACITET ton/time	OMKOSTNING kr./time
Skårlægger med opsamlevogn	40	1.300
Skårlægger med opsamlevogn	40	1.300
Skårlægger med opsamlevogn	40	1.300
Overlæssebord og traktor		650
I alt	120	4.550



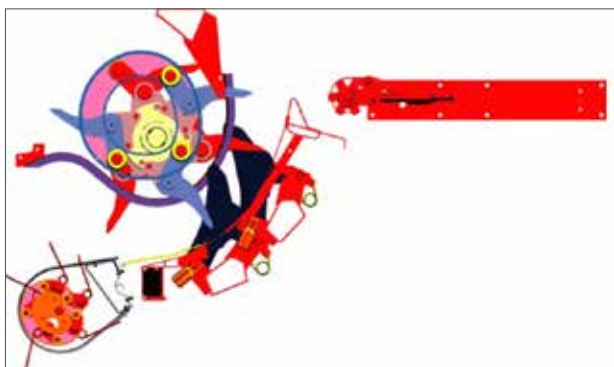
FOTOGRAF: TORBEN S. FRANDSEN, SEGES

Billede 2. Opsamlevogne med indbygget skårlægger.

Billede indlejret: Opsamlevognen kan høste langstrået græs. Skånsom høst og pakning i vognen mindsker saftafløbet fra græsset. Kilde: Grasstech.ie

Opsamlevogn med lang snitlængde- system 2

En anden mulig teknik til høst af græsset kan være ved hjælp af en opsamlevogn på 48m³ med 6 knive, hvilket giver en teoretisk snitlængde på 210 mm. Da vognene har en kapacitet på 60 ton i timen, skal der anvendes to vogne for at opnå 120 ton/timen. Som vist på principskitzen på billede 3 snittes græsset ikke, men modskæret og knivene bevirker, at græsset kan komprimeres mere, end når det går igennem opsamlesystemet uden at møde modskær. Det er muligt at afmontere knive helt eller delvist for mere skånsom opsamling. Fordelen ved at anvende en opsamlevogn fremfor en snittevogn er, at energiforbruget er væsentlig lavere, vognen er mere simpel med mindre egenvægt, og der er mindre risiko for saftafløb.



Billede 3. Principskitse af opsamlesystem med modskær.

Et eksempel på en opsamlevogn ses på billede 4. Af de fem beskrevne systemer er system 2 det billigste system.

SYSTEM 2. SKÅRLÆGGER OG OPSAMLEVOGNE UDEN SNITNING

	AREAL Ha	OMKOST- NINGER Kr./time
Traktor med skårlægger ca. 10 m	5	1.400
	KAPACITET Ton/time	OMKOST- NINGER Kr./time
Opsamlevogn	60	900
Opsamlevogn	60	900
Overlæssebord og traktor		650
I alt	120	3.850



FOTO: PÖTTINGER (PÖTTINGER.AT)

Billede 4. Opsamlevogn med to rækker knive som græsset presses op imod.



FOTO: LELY TIGO SNITTEVOGN (FARMTEST NR. 112, 2010, SNITTEVOGNE TIL GRÆS).

Billede 5. Snittevogn fås med teoretisk snitlængde fra ca. 34 mm og opefter.

Skårlægning og opsamling med snittevogn - system 3

Græsoptagning med snittevogne er et ret udbredt system i Danmark, billede 5. Snittevognene har samme kapacitet som opsamlevognene i system 2, og der vil derfor også skulle anvendes to vogne. Snittevognene er dog lidt dyrere end opsamlevognene. Snittevogne har monteret et persillehakker-system, som giver en teoretisk snitlængde i størrelsesordenen 35 mm. Det er muligt at afmontere knive, hvis der ønskes en længere snitlængde. Da snittevogne presser græsset nedefra og op i vognen for at fylde den, vil der ved for højt pres komme saftfløb under høst i marken, hvilket medfører tab af græssaft og dermed protein.

SYSTEM 3. SKÅRLÆGGER OG OPSAMLING MED SNITTEVOGNE

	AREAL Ha	OMKOST- NINGER Kr./time
Traktor med skårlægger ca. 10 m	5	1.400
	KAPACI- TET Ton/time	OMKOST- NINGER Kr./time
Snittevogn	60	1.100
Snittevogn	60	1.100
Overlæsebord og traktor		650
I alt	120	4.250

Selvkørende finsnitter med to frakørselsvogne - system 4

En selvkørende snitter med motoreffekt på 600-800 hk har en stor kapacitet på 120 ton/timen sammenlignet med de øvrige skårlæggertyper. Den skal bruge to frakørselsvogne, der hver aftager 60 ton/timen, billede 6. Snitlængden kan justeres både ved hurtigere indfødning i snittecylinderen og ved afmontering af knive i snittecylinderen. En lang snitlængde svarende til ca. 40mm vil reducere effektforbruget, det giver mindre risiko for saftafløb under transport, og der opnås en mere skånsom behandling af græsset.



FOTO: MASKINBLADET 20. JUNI 2014

Billede 6. Frakørselsvogn der kan hæve bagenden for aflæsning i lastbil.

Den optimale frakørselsvogntype vil have kædeaflæsning eller være afskubbervogne, der kan hæve bagenden og læsse direkte over i lastbil med over 4 meters sidehøjde. To af disse vogne, en selvkørende snitter, og lastbiler til videre transport til fabrik kan holde en samlet høj kapacitet. Kapaciteten for hele systemet svarer dog til de øvrige systemer, og eftersom der stadig er brug for både traktor med skårlægger samt frakørselsvogne er systemet det dyreste af de 5 beskrevne.

SYSTEM 4. SELVKØRENDE FINSNITTER OG FRAKØRSELSVOGNE

	AREAL Ha	OMKOST- NINGER Kr./time
Traktor med skårlægger ca. 10 m	5	1.400
	KAPACITET Ton/time	OMKOST- NINGER Kr./time
Finsnitter	120	1.800
Frakørselsvogn med højaflysning	60	800
Frakørselsvogn med højaflysning	60	800
I alt	120	4.800

Selvkørende finsnitter med efterspændt vogn - system 5

Der findes flere varianter af snittere, hvor vognen enten er efterspændt eller bygget sammen som en samlet enhed, se billede 7. Det giver mulighed for, at snitteren kan fylde vognen, bakke hen til en lastvognstræk eller container og læsse direkte over.

Det giver mere spildtid til finsnitteren, da den skal køre hen til lastbilen for aflæsning i modsætning til en snitter og frakørselsvogne, hvor den kan køre hele tiden. Derfor indregnes, at der skal to selvkørende finsnittere til at opnå en kapacitet på 120 ton i timen.

Hvis snitteren er monteret med helsædsbord (7 meter), kan den høste græsset direkte uden forudgående skårlægning, se billede 8. Det system kendes fra høst af helsæd og vil være muligt, da græsset ikke skal forvejres først. Systemet er det mindst mandskabskrævende af dem alle, da to finsnittere løser alle opgaver i marken. Prismæssigt ender høsten på 4.000 kr./time og dermed den næstbilligste, kun overgået af system 2 på 3.850 kr./time.

Ulempen ved kun at have 7 meters arbejdsbredde er, at der bliver flere kørespor i marken, og det går imod udviklingen i forhold til at have faste kørespor på 9 – 14 meters bredde.



FOTO: NYBRO TØRRERI A.M.B.A.

Billede 7. Selvkørende snitter med høj aflæsning. Pickup'en på snitteren kan erstattes af et helsædsbord for direkte høst.

SYSTEM 5. SELVKØRENDE FINSNITTERE, HELSÆDSBORD OG VOGN MED HØJ AFLÆSNING

	KAPACITET Ton/time	OMKOSTNINGER Kr./time
Finsnitter	60	2.000
Finsnitter	60	2.000
I alt	120	4.000

Andre systemer

En selvkørende snitter kan bygges sammen med et kroghejselad. Det er tidskrævende for lastbilen at hive to containerkasser op, når der køres med anhænger, hvorimod der er mindre spildtid, når det læsses direkte i lastbilen. Når kasserne hives op fra en græsmark er det vanskeligt at undgå at græsset hives op, hvor rullerne er, og det giver risiko for jord i græsset næste gang, der snittes på marken. Det kunne løses ved at have en opsamlingsplads i hver mark, men det gør det vanskeligere at inddrage nye marker efter behov.

Billede 8. Skærebord med 7 meters arbejdsbredde, der monteres på finsnitter til direkte høst af græsset, hvorved forurening med sand og jord reduceres.



FOTO: VINCENTCORP.COM

Udstyr til læsning fra mark direkte i lastbil

Der er også mulighed for at anvende høstteknik, hvor græsset køres fra snitteren med almindelige kædeafløsservogne. Da vognene ikke kan aflæse direkte op i lastbilen, vil der være behov for udstyr, der kan flytte græsset fra vognen til ladet på lastbilen. Der findes et overlæssebord, hvor vogne aflæser på et mobilt transportbånd, der fører græsset over i lastbilen som vist på billede 9. De nuværende systemer er udviklet til majs, som er et meget homogent og fint snittet materiale. Det vil derfor kræve konstruktionsændringer at få systemet til at håndtere vådt græs. Det vurderes dog, at systemet kan tilpasses vådt græs.

Billede 9 viser en majsælsserampe fra firmaet NiAgri Engineering (niagri.co.uk), hvor rampen er ført hen over traktoren. Ulempen ved dette system er, at vognen skal holde, mens aflæsseramphen transporterer afgrøder over i lastbilen. Læsekapaciteten i majs er ca. 200 ton i timen, hvilket er højt, men systemet er ikke udviklet til græs endnu.

Billede 10 viser et overlæssebord fra Fliegl, hvor der er mulighed for at udnytte et mindre påslag, og hvor siderne kan løftes op for at tømme påslaget. Som vist på billede 10 kan den anvendes til overlæsning af græs. Som trækraft kræver begge systemer en traktor, og der skal være en mand til bemanning.

Anvendelse af overlæsseborde kan især være en fordel ved høst med opsamlevogn som normalt er med kædeafløsser og uden højtip i bagenden for aflæsning direkte i lastbiler.



Billede 9. Overlæssebord uden ekstra påslag.



Billede 10. Overlæssebord med lille påslag.

UDBYTTER I MARKEN OG MÆNGDE DER SKAL BEHANDLES

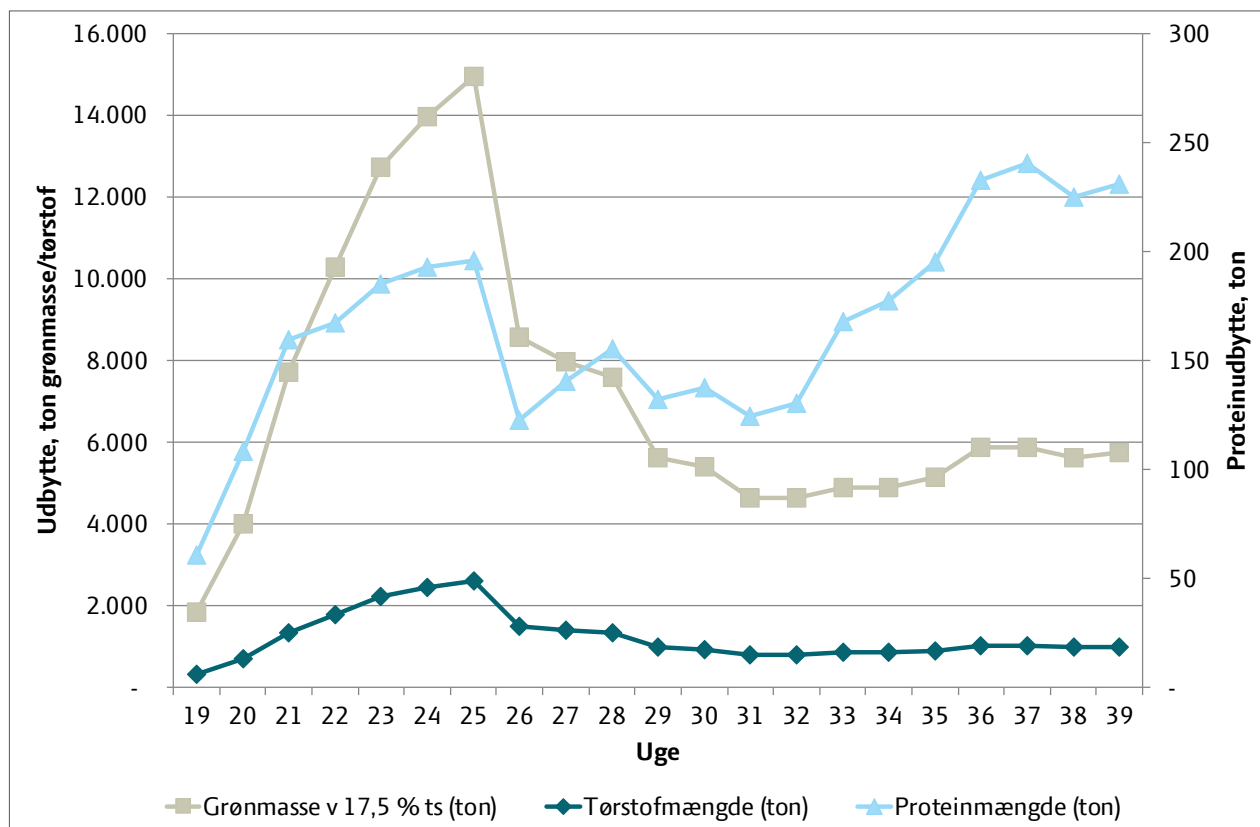
Udbytte af græs i form af vådvægt, tørstof og protein hen over sæsonen

Beregningerne er lavet ud fra, at der skal leveres frisk græs til et bioraffinaderi med størst mulig udnyttelse af sæsonen. Det første slæt tages i uge 19, og det sidste slæt tages i uge 39. Fuld udnyttelse af sæsonen betyder, at nogle af blokkene ikke høstes på det optimale tidspunkt.

Der tages udgangspunkt i et areal på 3.000 hektar kløvergræs fordelt på 7 blokke af hver 429 hektar. I uge 19 høstes første blok, i uge 20 høstes anden blok og så fremdeles så blok 1 høstes i uge 19, 26 og 33 og blok 2 i uge 20, 27 og 34. Hvis beregningen skal skaleres op eller ned, skal alle blokke være af samme størrelse, hvis denne beregning stadig skal gælde. Det forventede udbytte per hektar i protein såvel som tørstof er beregnet på ugebasis ud fra den forventede udvikling i proteinindhold og i tilvækst hen over sæsonen. På de to første blokke, hvor det første slæt tages tidligt, kan der nås yderligere et slæt i uge 40 og 41. Udbyttet fra disse blokke er dog så lavt, at det ikke kan dække høstomkostningerne ved disse ekstra slæt, og udbyttet fra disse uger er derfor udeladt fra beregningen. Tørstofindholdet i græsset er sat til 17,5%

På figur 2 ses den samlede produktion af tørstof, vådvægt og protein gennem høstperioden ved konventionel græsdyrkning. Tørstofmængden følger grønmassen (vådvægt), da der i hele forløbet er regnet med et tørstofindhold på 17,5% ved høst. Proteinmængden er afbilledet på den sekundære akse. Ugenumrene står på den horisontale akse.

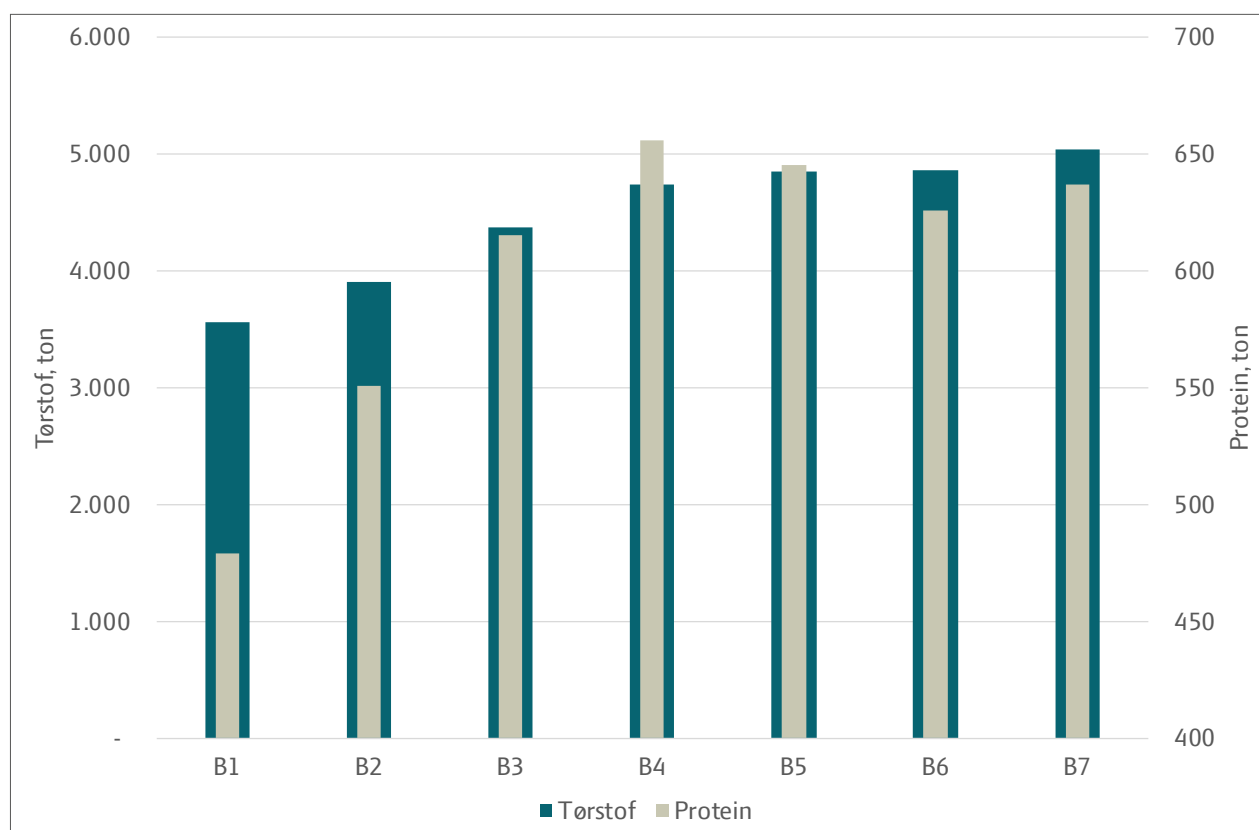
Af figur 2 ses, at den højeste mængde vådvægt, der modtages på en uge ved konventionel dyrkning er 17.000 ton. Tallet kan bruges til at beregne, hvor stor kapacitet, presserne skal have, samt logistikken omkring levering og håndtering af græsset. I det tilsvarende økologiske scenarie er den højeste mængde vådvægt 15.000 ton. Ud fra figur 2 ses også, at proteinudbyttet i uge 39 er højt, og at tørstofmængden og vådvægt er stabil. Forventningen kunne være, at et slæt i uge 40/41 også kunne være relevant. Men da slætstrategien er bygget op omkring 7 blokke, betyder dette, at blok 1 og 2 skal have taget et fjerde slæt. Disse fjerde slæt vil være langt lavere i proteinudbytte (122 og 94 ton) og biomasse mængde (2.900-2.300 ton vådvægt), og det er derfor ikke rentabelt at tage disse slæt med. Det tredje slæt kan derimod godt udsættes en uge eller to uden at det påvirker udbyttet væsentligt, såfremt en udsættelse er nødvendig af andre årsager.



Figur 2. Variation i udbytter fra uge 19 til uge 39 ved en slætstrategi baseret på 7 blokke á 429 hektar.

På figur 3 er det tydeligt, at blok 1, der slættes først, får en samlet lavere proteinproduktion end blok 4, hvor slættene startes 4 uger senere. Grafen illustrerer, at slætstrategien giver en suboptimal produktion af protein på bekostning af ønsket om at kunne levere græs til bioraffinaderiet jævnt gennem sæsonen uafhængigt af det mest optimale slættidspunkt. Derudover vil der være dage, hvor vejrliget forhindrer et optimalt slæt. Tørstofproduktionen fra de enkelte blokke er ligeledes påvirket af slættidspunktet.

Hvis denne slætstrategi følges, kan der forventes en produktion på 31.000 ton tørstof og 4.200 ton protein på de 3.000 hektar, det vil sige en gennemsnitlig produktion af 10,4 ton tørstof per hektar og 1,40 ton protein per hektar. Ser man alene på blok 4, som er den blok, der giver den højeste proteinproduktion per hektar, så er proteinproduktionen 1,53 ton per hektar. I beregninger af økonomien i produktionen af protein fra konventionelt græs regnes der ofte med 12 ton tørstof med et indhold på 24% protein, altså 2,88 ton protein per hektar. Der er derfor en risiko for, at mængden af protein per hektar er overvurderet, da den optimale proteinproduktion ikke kan opretholdes ved at tage slæt hver uge.



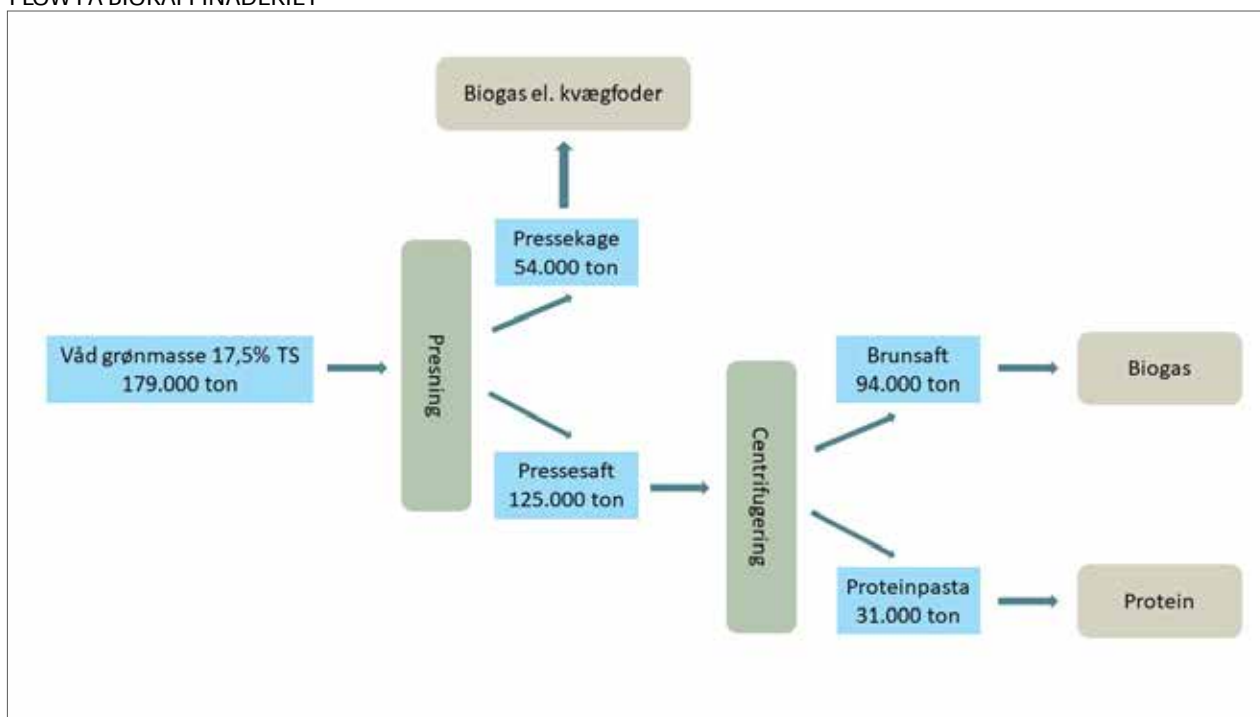
Figur 3. Tørstof og protein pr. blok.

HÅNDTERING PÅ FABRIK

Græsraffinaderiet skal kunne håndtere modtagelse og behandling af ca. 179.000 ton græs om året i perioden fra uge 19 til og med uge 39. Som det fremgår af figur 2, sker den højeste ugeproduktion af våd grønmasse i uge 25, hvor ca. 17.000 ton græs med 17,5% tørstof skal behandles. Denne mængde er dimensioneringsgivende for systemet til indføding af det våde græs og presning af græssaft. Det svarer til en døgnproduktion på 2.430 ton eller ca. 101 ton i timen. Ved indkalkulering af driftsstop og ventetid forudsættes, at bioraffinaderiet kører fuld drift i 20 timer, svarende til at kapaciteten skal være ca. 125 ton/time. Denne kapacitet vil være minimum, der bør dimensioneres efter.

I forhold til indtransport vil der i den travleste periode (uge 25) skulle indleveres 17.000 ton græs svarende til 567 læs a' 30 ton eller 81 læs i døgnet. Det vil være muligt at høste og indtransportere døgnet rundt, om end 1 ud af 10 døgn i sommerperioden sandsynligvis vil være så våde at det vanskeliggør kørsel i marken. Hvis der tages hensyn til denne risiko, vil der i stedet skulle indtransporteres 90 læs i døgnet. Der vil derfor være behov for mere end en linje til aflæsning af lastbiler med græs for at undgå kødannelse, da det er ca. 4 læs i timen, og det kan ikke undgås at de til tider ankommer samtidig. Der skal etableres en brovægt til vejning og registrering af mængder, der køres til og fra bioraffinaderiet. Der findes automatiske systemer, der kan registrere mængderne, der køres til bioraffinaderiet fra de forskellige avlere.

FLOW PÅ BIORAFFINADERIET



Figur 4. Flowdiagram for våd grønmasse fra 3.000 ha.

Modtageanlæg

Generelt har det ret stor betydning for bioraffinaderiet, om græsset er afskåret på marken og kørt til bioraffinaderiet mere eller mindre uden snitning, eller om det er snittet i forbindelse med opsamling fra marken. Ved skårlagt og opsamlet med opsamlevogn vil der være tale om langt græs, se billede 11, der er skånsomt opsamlet i vogne. Dette stiller større krav til opriveren i bioraffinaderiet, da græsset hænger mere sammen.

Når græsset er skårlagt og snittet med finsnitter, vil det være mere fint snittet, det vil sige en teoretisk snitlængde på ca. 40 mm. Dermed er det langt lettere at skille ad og græssets tendens til at vikle sig om roterende dele eller danne bro vil være mindre.

Når græsset ankommer til raffineringsanlægget, er der behov for et modtageanlæg til midlertidig lagring af græsset, før det processeres videre i anlægget. I de følgende afsnit beskrives tre overordnede principper til opbygning af et modtageanlæg på raffineringsanlægget. Det første beskrevne anlæg er et helt eller delvist nedbygget anlæg med vandregulv, som lastbilerne tipper ned i, det næste er en aftipningsgrav med en traverskran til videre fordeling af græsset og den sidste beskrevne er et anlæg med aflæsning på en betonplads eller i en plansilo, hvor læsemaskiner flytter græsset videre til neddeling.

Modtageanlæg med aflæsning i påslag med vandregulv

Når lastbilerne, evt. traktor og vogn, ankommer til bioraffinaderiet, skal græsset aflæsses direkte ned i et påslag. Påslaget kan nedbygges helt eller delvist, så lastbilerne kan tippe direkte ned i påslaget, og der skal være kapacitet til hele volumen fra en tiptrailer med op til 40 ton nyttelast. Det kræver en stærk konstruktion for at kunne modstå belastningen af 40 ton vådt græs, der læsses af på én gang. Et påslag som vist på billede 12 fra Hünigen ([Hünig Maschinenbau GmbH](#)), kan bygges helt eller delvist ned, så der kan aflæsses direkte. Konstruktionen kan modstå en stor belastning.

Påslaget skal være konstrueret til, at det tømmer i samme rækkefølge, som græsset kommer ind, for at sikre at intet græs ligger for længe, før det kommer til den videre forarbejdning. Det kan være et anlæg med vandrende gulv eller skrabere på gulv, som kan skubbe græsset frem mod en opriver, der doserer det ned på bånd. Påslaget skal være konstrueret således at saftafløb holdes inde i påslaget og føres videre med i forarbejdningsprocessen.

Et indtag som vist på billede 12 kan i princippet bygges ned i terræn, så det fyldes fra siden, ved at lastbiler tipper direkte ned. Det kræver, at indtaget er så bredt, at et helt læs kan tippes af. Det kræver ikke mandskab til at fylde dem, og de kan placeres udendørs, så det kun er selve opriverdelen som er indendørs. Opriverdelen på indtaget som vist på billede 12, vurderes ikke at være velegnet til langstrået græs, da der er risiko for, at det vikler om rotoren. Et større anlæg hvor opriveren har større diameter og eventuelt flere oprivere vurderes at være bedre egnet.

Billede 11. Langstrået græs.





Billede 12. Modtageanlæg med vandrende gulv der fører biomassen hen mod opriveren.

Modtageanlæg med aftipningsgrav

I denne type modtageanlæg aflæsser lastbilerne direkte ned i en grav, der har kapacitet til at modtage flere læs. En traverskran flytter græsset videre fra graven til en opriver, der igen kan dosere det ned i findelingsudstyr og videre til skruepresen.

Dette system vurderes ikke at være velegnet, da det vil kræve en meget stor kapacitet for en traverskran at løfte 60 – 120 ton i timen, og samtidig vil der være risiko for, at det nederste græs ligger for længe i graven, før det behandles i skruepresen. Ved for lang opholdstid i graven, vil risikoen for tab af protein ved nedbrydning være stor.

Modtageanlæg med aflæsning på gulv og ifyldning med læssemaskine

I dette modtageanlæg aflæsses græsset på et betongulv eller i en plansilo. Græsset flyttes videre med læssemaskine til en opriver, der kunne være en stationær biomikser med samme opbygning som en vertikal fuldfoderblander, billede 13. Det giver mulighed for at have en stor modtageplads, hvor flere lastbiler kan læsse af samtidigt, og selve bioraffinaderiet kan opbygges mere kompakt, fordi der ikke etableres et stort påslag som lastbiler læsser direkte ned i. Der er større risiko for urenheder som jord og sten fra lastbilernes dæk, når de kører ind og læsser af på en fast plads.

En stationær biomikser med vertikale eller horisontale snegle kan dosere græsset hen imod en opriver/fordeler, der kan dosere græsset videre til et transportsystem, der føder direkte ned i en neddel og skruepresse. Der bør være to linjer, der kører separat med indfødningsbåde for at skabe plads til aflæsning, og for at sikre driftssikkerheden i tilfælde af driftstop i indfødningsystemet. Dette system kræver, at der konstant er en medarbejder til at køre med læssemaskinen for at fodre opriveren.

Et system med en læssemaskine, der fylder påslag, og lastbiler, der læsser af på betonplads, er en udmærket løsning, men fravælges alligevel af flere årsager. Det kræver mandskab til at køre læssemaskine, det giver risiko for spild af græs på pladsen, og risiko for at græs kommer til at ligge for længe på pladsen, før det forarbejdes.

Indfødningsanlægget på billede 13 har et lager på hver side af en vertikal snegl i midten. Græsset fyldes i med en læssemaskine, og et afskubbesystem skubber græsset ind mod midten, hvor vertikalsneglen river det op og doserer ned i en skruesnegl eller et bånd, der fører det videre til neddel og skruepresse. Systemet, hvor der fødes fra begge sider, gør, at læssemaskinen kan fylde i den ene side, mens den anden side tømmes.

Kapaciteten i et system som dette, forventes ikke at være tilstrækkelig til 60 ton i timen, da det er beregnet til langsom fødnings til biogasanlæg. Systemopbygningen vurderes dog at kunne anvendes, såfremt det ombygges til større kapacitet.

Der findes mange stationære indfødningsystemer, hvor der fyldes med læssemaskine.

Opsummering på modtageanlæg

Ved høst af græs på marken, der køres ind til bioraffinaderiet vurderes et system, hvor der aflæsses direkte ned i påslag med vandregulv som det bedste. Det skyldes, at det er mindre mandskabskrævende, risiko for spild af græs minimeres, og græsset kommer ikke til at ligge for længe i påslaget, men føres løbende ind til bioraffinaderiet. Samtidig reduceres energiforbruget, når der ikke er behov for at have en læssemaskine kørende til fyldning af bioraffinaderiet. Det kan dog være nødvendigt at bruge en læssemaskine, hvis bioraffinaderiet bliver overbelastet, og der i en kortvarig periode ikke er plads til alt græsset i påslaget.



Billede 13. Indfødningscontainer fra maskinproducenten Bernard van Lengerich (BVL). Udskubbevægelse samt en undermonteret snegl sørger for at græsset kan udføres jævnt i bunden eller midtfor i siden.

FRA MODTAGEANLÆG TIL SKRUEPRESSER

Fra modtageanlægget føres græsset videre til skruepresning, hvor saften presses ud af græsset. Langstrået græs skal findes/snittes, før det kan doseres ned i en skruepresse.

Hvis græsset føres videre fra modtageanlægget på et bånd, bør der monteres magnetriste eller lignende til registrering af metaldele, så båndet kan standses, før metallet kommer i neddelingssystemet. Risikoen for metaldele vurderes ikke stor, hvis græsset snittes med finsnitter, da de normalt har indbygget metaldetektor. Opsamlevogne har derimod normalt ikke metaldetektorer på, men det kan evt. eftermonteres.

Fra transportbåndet til skruepresseren, kan der være forskellige systemer til neddeling af græsset før skruepresning. Fælles for systemerne er, at det gælder om at sikre en ensartet indfødnings i skruepresseren for at sikre en høj kapacitet og for at få så meget græssaft ud af græsset som muligt. Efter skruepresseren skal græsfiberdelen videre til brug som kvægfoder eller til biogasanlæg. Saften skal videreforarbejdes for udtrækning af protein til en-mavede dyr. Dog skal eventuelle sandpartikler først sorteres fra. Det kan ske enten ved naturlig sedimentering i kar, via cykloner eller anden teknik.

Hamtermølle til håndtering af langstrået høstet græs før skruepresse

Målet med at anvende hamtermøller som en del af bioraffinaderiet er at kunne håndtere langstrået græs høstet med minimal snitning på marken. Hamtermøllen skal kunne findele græsset tilstrækkeligt til, at det kan doseres direkte i en skruepresse.

Hamtermøllen kunne være af fabrikatet Huning eller Pro-mill. Huning har hamtermøller, der består af skarpe roterende knive og modskær med knive, der afviger i mødet med fremmedlegemer. Hamtermøllen kan køre med og uden sold. Til findeling af græs er erfaringerne, at det skal være uden sold, og det er derfor centrifugalkraften, der skal findele græsset.

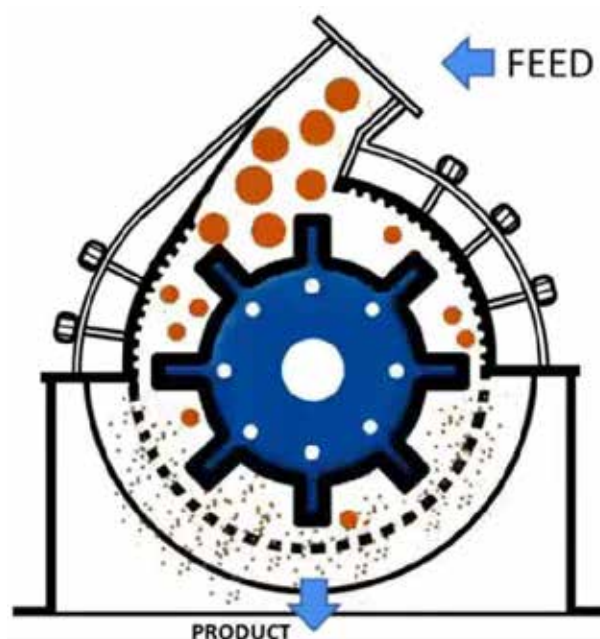
Promill blev kontaktet i forbindelse med denne Farmtest og deres tilbagemelding var, at deres hamtermøller ikke er velegnede til håndtering af så våde materialer som græs med 17,5% tørstof, og derfor kan de ikke levere udstyr dertil. Promill hamtermøllen består af en rotor med mange knive, der ved hjælp af rotationshastigheden finder græsset, når det kommer ind i rotoren.

Huning Maschinenbau blev ligeledes kontaktet. Deres vurdering er, at Huning hamtermøller ikke har tilstrækkelig kapacitet til, selv med fire linjer at klare en kapacitet på 125 ton/time. Selv med fire hamtermøller med en effekt på 75-95 kW vil ikke være tilstrækkeligt, og de har ikke planer om at udvide deres sortiment til højere kapacitet.

Virksomheden Andritz leverer også hamtermøller, men tilbagemeldingen er også her, at de ikke er velegnede til våde biomasser.

Energiforbruget vil med hamtermøller være højere end 3 kW/ton når der skal mere end fire linjer til at håndtere 125 ton/time.

Med de nuværende tilbagemeldinger fra fabrikanterne vurderes hamtermøller ikke at være interessant til håndtering af græs før skruepresning, uanset om det er langt eller kort græs.



Billede. 14 Principskitse af hamtermølle. Ved at skifte hammertypen, afstanden til kammerets indervægge eller soldenes porestørrelse kan fraktioneringen af produktet ændres. Kilde: Himanshu Srivastav, youtube.

Forbehandling og presning af finsnittet græs og langstrået græs

Før græsset doseres ned i skruepresseren, bør det findeles i en shredder, grinder eller lignende. Langstrået græs er dog stadig for langt til at gå direkte i shredderen. Da hammermøller ikke umiddelbart er anvendeligt til neddelingen, bør langstrået græs snittes i en knivcylinder, før det føres videre til shredderen. En knivcylinder er normalt monteret på selv-kørende snittere. Den har en høj grad af driftssikkerhed og høj kapacitet. En snittecylinder med indfødningsvalser fra en 600 hk snitter vil have en kapacitet på mere end 60 ton i timen. I stedet for montering på en snitter, kan knivcylinderen monteres efter modtageanlæggets transportbånd umiddelbart før shredderen. Afhængig af antal knive i cylinderen kan snitlængden komme ned på 10-20mm. Driftsmæssigt vil det være enklere at finsnitte græsset på marken, og hvis der skulle ske nedbrud på snitteren, vil der være mulighed for at tilkalde en anden snitter. Udfordringen er større hvis nedbruddet sker med en snitterenhed monteret i indfødningslinjer på bioraffinaderiet.

Hvis græsset snittes med finsnitter, der er indstillet til langsom indfødnings, bliver snitlængden kortere end de ca. 40mm som betegner det langstråede græs, og græsset kan da gå direkte i shredderen. I princippet kan græs på ca. 40mm fødes direkte ned i skruepresseren, men det vil reducere kapaciteten og effektiviteten i forhold til, hvor meget saft der presses ud. Græsset skal derfor stadig igennem en shredder, grinder eller lignende der kan forbehandle og dosere det ned i skruepressen.

- Vedligehold for en Vincent TSP presser er ca. 5,0 kr./ton våd masse
- Vedligehold snitterenhed til knive, modskær mm. ca. 2,5 kr./ton



Billede 15. Dobbelt skruepresse tv. med brudte vindinger og th. ses mere tydeligt hvordan modskær går ind imellem vindingerne.

MODELOPSÆTNING FOR LANGSTRÅET GRÆS

ANLÆGSKOMPONENT	ENERGI-FORBRUG kWh/ton
Modtageanlæg med vandregulv	1,5
Transportbånd fra modtageanlæg til shredder	0,5
Snittecylinder med fødevalser: 60 ton/time 250 kW elmotor	4,2
Shredder uden sold med kapacitet på 40 ton/time 3 stk.	Ca. 2,5
Skruepresser, 3 stk. TSP 24 (3x40 ton/time) 200 kW motor pr. stk.	Ca. 5
Diverse	2
I alt	15,7

Beskrivelse af skruepresse og system til forbehandling af finsnittet græs

Finsnittet græs kan indføres gennem en shredder eller en grinder direkte til skruepresseren. Shredderen er med til at øge kapaciteten og der presses mere saft ud af græsset som en følge af forbehandlingen.

Skruepresseren kunne være en Vincent skruepresse, da den fås i meget store størrelser med kapaciteter op til 60 ton i timen. Fordelen ved et anlæg med meget stor kapacitet er, at den er lettere at føde, fordi indgangsåbningen til presseren er større. Samtidig opnås normalt en bedre energieffektivitet i større enheder. Selv i anlæg med skruepressere med høj kapacitet, vil der skulle være minimum to skruepressere. Ved at have mere end en skruepresse, sikres en fortsat presning af græsset med nedsat kapacitet, såfremt den ene presse skulle gå ud af drift.



Opbygningen af Vincent pressen er speciel, idet den har sneglevindinger som er brudte, se billede 15, og hvor "modskær/tænder" går ind imellem vindingerne. Dermed undgås, at græsset blot følgerne vindingernes vandring. I stedet brydes græsset og væltes rundt, hvorved nyt fugtigt græs presses ud mod skurepressens si.

Vincent TSP (Twin Screw Press) ([Vincent Corporation](#)) er valgt ud fra, at det er den model, der giver den største udvinding af indgangsmaterialet ud fra fabrikens egne test. Denne model har to overlappende snegle og er velegnet til vådt og glatte materialer. Egenvægten på presseren er ca. 22 ton.

Vedligehold for en Vincent TSP presser er ca. 5,0 kr./ton våd masse. Dette er ekskl. vedligehold til shredder mm.

MODELOPSÆTNING

ANLÆGSKOMPONENT	ENERGI-FORBRUG kWh/ton
Modtageanlæg med vandregulv	1,5
Transportbånd fra modtageanlæg til shredder	0,5
Shredder uden sold med kapacitet på 40 ton/time	Ca. 2,5
Skruepresser, 3 stk. TSP 24 (3x40 ton/time) 200 kW motor pr. stk.	Ca. 5
Diverse 20%	2
I alt	11,5

Presning af saft med mobilt forbehandlingsanlæg

Virksomheden AST [Advanced Substrate Technologies](#) har igangsat opbygningen af en mobil enhed med en kapacitet på 5 ton tørstof i timen, svarende til ca. 30 ton græs i timen. Denne enhed kan håndtere halm, frøgræs, græs og dybstrøelse mikset med halm. Udstyret vil blive sat i drift, demonstreret og brugt i tilknytning til et AST demo anlæg på AU Foulum Biogas fra februar 2018.

Det vil også være muligt at få udstyret leveret i en stationær udgave med kapacitet på 10 ton ts/time pr. linje, svarende til ca. 60 ton græs i timen.

I løbet af foråret forsommeren 2018 forventes det at kunne teste det mobile anlæg til neddeling og forbehandling af nyhøstet og vådt græs. Udstyret, billede 16, vil blive suppleret med en mobil twin skruepresse for decentralt at kunne fremstille græssaften og efterfølgende transportere den direkte til "proteinfabrikken" i lukkede tankvogne. Den grønne masse fra skruepressen kan bruges som foder på lokale kvægbedrifter, eller tilføres lokale biogasanlæg som grøn biomasse. Med et mobilt anlæg vil tiden fra høst til presning kunne reduceres for de marker, der ligger længere væk fra bioraffinaderiet, og transport af det grønne fibermateriale reduceres ved at det bliver på stedet, hvor forbehandlingen sker. Det kunne være en mulighed at lade denne forbehandling ske på biogasanlæg, som kan ensilere og anvende fibermaterialet til metanproduktion.



Billede 16. Forsøg med neddeling med grinder.

FOTOGRAF: GEERT OLESEN (GOLESEN.COM)

Kapacitetsmæssigt skal et mobilt anlæg matche høstudstyrets kapacitet, det vil sige helst minimum 30 og gerne 60 ton vådt græs i timen, svarende til ca. 5-12 ton tørstof i timen.

Det mobile anlæg, der har et fødebord/påslag på 25m³ hvori græsset kan aflæsses, består af en biomikser, der neddelser det på samme måde som en fuldfoderblander. Efter biomikseren køres materialet igennem grunderen og neddeles derved til en let presselig masse. Grunderen, som ses på billede 17, presser det våde græs ned igennem en matrice som på en pillepresser. Materialet køres igennem grunderen, og derved neddeles den til en let presselig masse. Matricen har hulstørrelser på ca. 10 mm, og er udformet til at græsset presses igennem uden at det bliver hårdt presset sammen som en pille. I modsætning til f.eks. hammermøller bliver energiforbruget mindre desto mere fugtigt materiale, der håndteres. Fra grunderen føres materialet over i en skruepresse som eksempelvis Vincent pressen. Der vil være en væskedel fra grunderen, som skal opsamles videre forarbejdning.

Græssaften opsamles i tankvogn, og presseresten anvendes til biogas eller opfodring i kvægbrug. Med et mobilt anlæg, hvor presseresten forbliver på stedet, hvor det senere skal bruges, vil transporten til bioraffinaderiet kunne reduceres med de ca. 35%, som presseresten udgør. Det giver også mulighed for meget hurtig behandling fra skårlægning til presning af saften.

MODELOPSÆTNING MED MOBILT ANLÆG MED KAPACITET PÅ 5 TON TØRSTOF PR. TIME, SVARENDE TIL CA. 30 TON VÅDT GRÆS

ANLÆGSKOMPONENT	ENERGI-FORBRUG
	Kwh/ton
Energiforbrug til neddeling i et mobilt anlæg med påslag og grunder til ca. 30 ton/time	Elforbrug ca. 10
Transportbånd fra grunder til skruepresser	0,5
Skruepresser	Ca. 7
Diverse	2
I alt	19,5

Til gengæld vil de færreste landbrug have tilstrækkeligt med el til rådighed på ejendommen, og derfor skal der medfølge en generator, som giver et lidt højere energiforbrug i kWh, idet der fra dieselgeneratoren vil være et varmetab. Umiddelbart skal græsset aflæsses på en betonplads, og senere fyldes i biomikseren, det vil ikke være muligt at aflæsse større mængder direkte i biomikseren.

Vedligehold til sliddele for neddeling i et mobilt anlæg er ca. 5,25 kr./ton våd masse ([Geert Olesen](#), KAHL Group).

Vedligehold til skruepresser anslås til 5-7 kr./ton våd masse.



Billede 17. Skitse af Kahl ([KAHL Group](#)), grunder til pillepresning.

SAMARBEJDE MED BIOGASANLÆG

Biogasanlæg vil få en betydelig rolle i forhold til udvinding af protein af græs, idet de er tænkt som aftagere af væskedelen.

Efter udfældning af proteiner kan restsaften afsættes til biogasanlæg. Da tørstofindholdet i restsaften er lavt, vil det være oplagt at anvende den på de biogasanlæg, der i forvejen har en biomasse med højt tørstofindhold og derfor kan have brug for væske til at holde biomassen pumpbar i anlægget. Mange nye biogasanlæg er baseret på høje tørstofmængder for at kunne opnå en høj gasproduktion, enkelte anlæg bruger tilsætning af vand til fortynding, og andre bruger recirkulering af afgasset biomasse til fortynding. Næringsstofindholdet og gaspotentialerne i væskedelen vil have stor betydning for, i hvor høj grad biogasanlæg kan og vil aftage væskedelen. Gaspo-

tentiale og gødningsværdien er dog relativt lave. Biogasanlægget bør derfor ligge i umiddelbar nærhed af anlægget for at nedbringe omkostningerne til transport af brunsaften.

Samspelet med et biogasanlæg der producerer kraftvarme vil være positivt, idet bioraffinaderiet skal bruge varme til opvarmning af græssaften til ca. 80°C om sommeren, og det er samme periode, hvor disse biogasanlæg ofte har udfordringer med afsætning af varme. Ofte er det varmeværkets grundlast, der er begrænsende for, hvor meget varme der kan afsættes om sommeren, og her kan bioraffinaderiet være med til at øge afsætningsmulighederne af varme.

PERSPEKTIVER, KONKLUSION OG KOMMENTARER

Den mest skånsomme høst af græsset sker med en opsamlervogn med skårlægger monteret, så græsset ikke kommer til at ligge på jorden. Der er minimal beskadigelse af græsset og direkte opsamling. Desværre er arbejdsbredde og kapacitet ikke høj, og vognene kan ikke aflæsse direkte over i lastbil.

I forhold til energiforbrug og omkostninger er det at foretrække at græsset finsnittes til ca. 40mm på marken og køres direkte til bioraffinaderiet.

Hvis det kan accepteres, at græsset snittes ned til ca. 40mm, vil det være at foretrække at bruge selvkørende finsnittere med helsædsbord til direkte høst af græsset. Her samles græsset også direkte op og blæses over i en frakørselsvogn. Dette system har høj kapacitet og frakørselsvognene kan aflæsse direkte over i lastbiler uden omladning. Ulempen er, at selve finsnitningen giver en hårdere behandling af græsset, før det kommer til bioraffinaderiet.

På raffineringsanlægget bør modtagelsen af græsset ske ved at lastbiler aflæsser direkte ned i et påslag med vandregulv. Derved sikres hurtig aflæsning, og at der ikke kommer til at ligge græsrester, der kommer for sent ind i forbehandlingsudstyret. Samtidig er et påslag med vandrende gulv meget lidt energikrævende.

Uanset om det er opsamlet græs eller finsnittet græs, der kommer til bioraffinaderiet, kræver det en forbehandling, før græsset kan doseres ned i skruepresseren, der efterfølgende presser græssaften ud af græsset. Uden forbehandling redu-

ceres skruepresserens kapacitet og mængden af græssaft, der kan presses ud af græsset.

Forbehandlingen kan ske med en shredder eller Muncher type, der både kan forbehandle og dosere ned i skruepressen. Det skal undersøges nærmere, hvilke typer der er bedst egnede til vådt og til tider uhomogent græsmateriale.

I forbindelse med forbehandlingen, skal der monteres en magnetfælde, der kan opsamle og registrere metaldele i græsset. Normalt opfanges metal i metaldetektorer på de selvkørende finsnittere, men disse sidder ikke på opsamlervogne. Der bør også tænkes ind, at småsten så vidt muligt skal sorteres fra før skruepresning og forbehandling.

Vincent skruepressere er umiddelbart at foretrække, da de har brudte sneglevindinger og modskær, der gør at græsset vendes rundt under skruepresningen, og det giver større muligheder for at få mest muligt græs ud. Desuden fås Vincent skruepressere med en høj kapacitet.

I fremtiden kan det vise sig at være en mulighed at bruge mobile anlæg helt eller delvist. Med mobile presseanlæg, hvor presseresten kan forblive på bedriften og efterfølgende anvendes der, vil transport til bioraffinaderiet kunne reduceres med ca. 35%. Dette vil være med til at betale eventuelle mérudgifter til den mobile enhed. En mulighed kan være at have et eller to mobile anlæg, kombineret med et mindre forbehandlings- og presseanlæg på bioraffinaderiet. Udstyr til senere behandling og udtræk af protein vil være det samme.

SEGES skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevareerhverv.
Vi udvikler forretningsmuligheder i tæt samarbejde med vores kunder,
forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden.
SEGES er en del af Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

SEGES
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

+45 8740 5000
info@seges.dk
seges.dk

