

Afsluttende Rapport

R&D Engineering A/S - 3424

GræsProtein-Fabrik Fase 1

Rapporteringsperiode:

19.03.2018 – 31.07.2019

(Datoer fra ansøgningen)



ENGINEERING & AUTOMATION

Grass protein factory

midt
regionmidtjylland

DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Fond
for Regionaludvikling

Vi investerer i din fremtid

 AGRO
BUSINESS
PARK

Indhold

Indledning.....	3
Græsslåning og transport	4
Snitning og Presning	14
Pressekage håndtering	20
Fermentering og centrifugering, Brun-/Grønsaft, Pasta og Tørring.....	22
Alternative metoder	26
Kapacitetskrav	32
Kapacitetsløsninger	35
Central Fermentering løsningsforslag	36
Decentral Fermentering løsningsforslag	39
Central Varmebehandling	42
Decentral Varmebehandling	45
Delkonklusion	48
Usikkerheder, teorier og uafklaret spørgsmål.....	49
Konklusion og valg af løsningsforslag	50
Konklusion	50
Løsningsforslag valg.....	51
Referencelister, firmaer og personer.	52

Rev. nr.:	Rev. dato:	Beskrivelse:	Ansvarlig:
1.0	2019.09.16	1. edition	Daniel Schou Jensen

Indledning

Denne afsluttende rapport er skrevet af R&D Engineering A/S i forbindelse med afslutningen af RMBio Projektet: "GræsProtein-Fabrik Fase 1".

Rapporten er et sammendrag af de undersøgelser, test, vidensdeling, vurderinger og overvejelser som er gjort igennem hele projektperioden. Projektet er udført i samarbejde med følgende virksomheder og personer:

- Aarhus Universitet, Institut for Ingeniørvidenskab
- Aarhus Universitet, Institut for Husdyrvidenskab
- RUNI A/S
- SiccaDania A/S
- Danish Marine Protein Aps
- Biotest Aps
- SKIVE BIOGAS Aps
- Vestjyllands Andel A.M.B.A.
- Nordic Seaweed Aps (Nordisk Tang)
- Kristian Albertsen
- Landbo-Limfjord
- DSS Silkeborg (Tetra Pak Filtration Solutions)
- EnergySolution

Siden projektstart har R&D Engineering A/S sammen med samarbejdspartnere taget et stort skridt hen imod realisering af Danmarks første kommercielle bioraffinaderi af græsprotein.

Forløbet hertil og dermed projektperioden har krævet nytænkning og tæt samarbejde med projektpartnere samt udstyrsleverandøre. Større og mindre udfordringer er blevet løst hvor et innovativ og åben mindset har været nødvendigt fra deltagerne.

Økonomiske udregninger som danner grundlag for businesscasen, er opnået med tæt samarbejde og forhandlinger med samarbejdspartnere.

Der er nogle teknisk spørgsmål som endnu ikke kan besvares, da disse ikke er afprøvet i praksis. R&D Engineering A/S har derfor risikoanalyseret disse områder med hvilke resultater dette kan medføre. Samtidig er vi bekendt med at de tekniske løsninger vi har valgt, kan kræve tilføjelser i fremtiden, når mere viden er tilgængelig. Projektgruppens tætte samarbejde har blandet andet ført til vidensdeling af nye leverandører med erfaring i græsprotein produktion. Resultatet er nye tætte kontakter med afprøvet udstyr indenfor flere kritiske procesområder.

Denne rapport er en uddybning af resultaterne og rapportering i de afviklede faglige rapporter til RMBio.

Græsslåning og transport

Økonomien i en samlet græsprotein produktion er meget afhængig af, at pressekagen kan sælges som ensilage enten som foder/ensilage til husdyr eller til biogas. Der er derfor beskrevet to nuværende procesveje i dette afsnit. Den ene er for fremstilling af ensilage ud fra græs, som det gøres i dag. Den anden er for græsslåning og transport, som det gøres i dag, i forbindelse med forsøgsproduktion af græsprotein. I forbindelse med produktion af græsprotein frembringes der to delprodukter: Grønsaft og Pressekage. Pressekagen kan direkte bruges til ensilering. For græsprotein og ensilage vil processen frem til og med presningen derfor være den samme.

Hvordan gør man i dag?

Græs høstet til ensilage bliver i dag skårlagt, slået som hele strå, og efterladt på marken. Her skal græsset tørre, indtil tørstofindholdet er steget fra ca. 17% til ca. 30%. Græsset skal typisk ligge på marken nogle dage, men det er meget afhængigt af vejret. Efter den delvise tørring hentes græsset. Det kan enten samles det op i en vogn, og derefter oplagres i en komprimeret og overdækket bunke, eller det kan presses i indpakkede, wrappede, big baller. Ensilagens ophold på jorden medfører, at den kan indeholde jord eller småsten. Transporten fra marken hen til gården foregår med traktor og vogn. Big ballerne kan efterfølgende transporteres længere væk på lastvogn.

Græs høstet til forsøgsproduktion af protein bliver i dag høstet med traktor og vogn, der er konstrueret til zero-grazing. Zero-grazing er et fodringsprincip, hvor der hver dag på marken hentes frisk langstrået græs, som efterfølgende fodres til køerne i stalden. I forhold til udvinding af græsprotein har zero-grazing-vognen den fordel, at græsset samles op som hele strå uden først at have været nede på jorden. Ved forsøgsproduktionen af protein afleveres græsset ved pressen, hvor det forbehandles og føres kontinuerligt ned i pressen. Forsøgsproduktionen foregår ved AU Foulum, hvor græsset også høstes. Den korte transport foregår med traktor og zero-grazing-vognen. En zero-grazing-vogn har sit eget udstyr til at læsse græsset af med. Græsset kan enten bliver læsset bagud i en bunke eller ud til siden over en lidt længere strækning. Hvis græsset læsses ud til siden, vil det sidste led i denne håndtering typisk være et kort tværstillet transportbånd.

Hvilke alternative muligheder findes der?

I det nedenstående beskrives fremtidige muligheder for høst og transport. Beskrivelsen er opdelt i delprocesser, som er beskrevet særskilt. Metoderne for de forskellige delprocesser skal efterfølgende kombineres til en eller flere samlede løsninger. Der er visse bindinger, således at delløsningerne ikke kan kombineres helt frit. Disse bindinger vil i et vist omfang blive beskrevet.

En gennemgående mulighed for de forskellige løsninger er, at der er en opdateret koordinering af den øjeblikkelige logistik- og produktionskapacitet i de forskellige led. Dette gælder specielt koordineringen mellem høst, transport og presning. Fordi græsset skal presses indenfor et forholdsvis kort tidsrum efter det er blevet skårlagt. Hvis der er flere muligheder, kan dette være bestemmende for hvor der høstes og med hvilket udstyr.

For generel vurdering af kapacitet i forhold til proces og logistik bliver der taget udgangspunkt i en mængde høstet græs, som er delelig med 40ton/t for den indgående mængde høstet græs. Typisk kan der blive kigget på decentrale anlæg med en kapacitet svarende til 40ton/t høstet græs, og centrale anlæg med en kapacitet svarende til 120ton/t høstet græs. I hele processen frem til skruypressen vil massestrømmen være lig med den høstede mængde. Ved skruypressen deles denne massestrøm i grønsaft og pressekage. Pressekagen kaldes også pulp, og er sammenlignelig med ensilage. Det er grønsaften som bearbejdes videre med henblik på udvinding af protein. En opdeling af produktionsenhederne kunne være, at græsset presses på decentrale produktionsenheder, hvorefter grønsaften fragtes til en central produktionsenhed. Hvis grønsaften f.eks. samles

fra tre decentrale enheder, hver med en kapacitet på 40ton/t høstet græs, så vil kapaciteten på den centrale enhed være svarende til 120ton/t høstet græs, men den faktiske mængde grønsaft, som fragtes til det centrale anlæg, vil være mindre.

40ton/t høstet græs er valgt som den mindste produktionsenhed eller modul fordi dette er kapaciteten på den skruepresse, som er det mest sandsynlige valg. Ligeledes er 40ton/t også kapaciteten for de mindste høstmaskiner, som er beskrevet i rapporten "Teknikker til høst og presning af græs til udvinding af protein" [Høstrapporten] ud leveret fra SEGES. De endelige kapaciteter for produktionsenhederne skal dog genovervejes i forbindelse med de endelige valg af tekniske løsninger.

Markerne i et område har typisk forskellig størrelse, karakter og indbyrdes beliggenhed. Derfor vil det givetvis være en fordel at kunne kombinere anvendelsen af flere forskellige typer udstyr for græsslåning, opsamling og transport.

Græsslåning og opsamling

Nedenstående er en kort beskrivelse af metoder til græsslåning. Beskrivelsen er inspireret af og henter oplysninger fra rapporten "Teknikker til høst og presning af græs til udvinding af protein" [Høstrapporten]. Denne rapport ser på mulighederne for både skårlægning og snitning ude på marken. Skårlægning er når græsset skæres tæt ved jorden, og græsstråene hovedsageligt bevares i et stykke. Snitning er når de enkelte græsstrå skæres eller hakkes i mindre stykker. I forhold til den efterfølgende proces er det uhensigtsmæssigt at snitte græsset allerede på marken, fordi det øger saftafløbet og nedbrydningen af græsset. Dette resume vil derfor primært vedrøre skårlægning.

Skårlægning og opsamling i samme arbejdsgang: Denne proces findes overordnet i to udførelser. Den ene er med en forholdsvis smal, ca. 3.5m, skårlægger monteret foran på en traktor og en vogn med opsamler, som trækkes efter traktoren. Her kommer græsset kortvarigt ned og ligge på jorden mellem traktorens hjul. Dette kan medføre at der kommer en smule jord med, når græsset samles op af vognen. En zero-grazing-vogn kan i denne sammenhæng betragtes som en opsamlevogn med en skårlægger monteret direkte på vognen. Zero-grazing-vognens ophæng eller overgang frem mod traktoren kan typisk være udformet, så vognen kan sideværts forsættes i forhold til traktoren. Derved undgås det, at traktoren kører oven i det lange græs, lige inden dette bliver skårlagt og samlet op i en operation. Fordelen ved en zero-grazing-vogn sammenlignet med en frontmonteret skårlægger med efterfølgende opsamlevogn er, at græsset ikke har været nede på jorden, og derfor ikke er blevet kontamineret med jord. Derfor vurderes det, at zero-grazing-vognen er den mest egnede af de to løsninger.



Eksempel på en frontmonteret skårlægger og efterhængt vogn med opsamler



Eksempel på en zero-grazing vogn

	Kapacitet (ton/time)	Omkostning (kr/time)
Skårlægger med opsamlevogn eller zero-grazing-vogn	40	1300

Skårlæg og efterfølgende opsamling i hver sin arbejdsgang: Det primære kendetegn ved denne metode er, at skårlæggeren og opsamlevognen er monteret på eller trækkes af hver sin traktor. I forhold til skårlægning og opsamling i en arbejdsgang giver det øget risiko for en øget kontaminering af græsset med jordpartikler. Fordelen ved metoden er, at græsset kan slås i bredere baner. Når traktoren med skårlæggeren ikke skal trække sin egen opsamlevogn, er der mulighed for at montere skårlæggere også bag på traktoren. Det vil typisk være i form af to ekstra skårlæggere, som rager ud til hver sin side. Derved vil én traktor med tre skårlæggere kunne slå græs i helt

op til 12m bredde. I forhold til marken er der en fordel ved en stor høstbredde, fordi der vil kunne køres i faste kørespor med en deling på 12m. Ved et kørespor forringes jorden fordi den bliver presset sammen. De to bagerste skårlæggere vil typisk indeholde et kort transportbånd, således at græsset fra alle tre skårlæggere samles i en smal bunke bagved traktoren. Traktoren med opsamlevognen behøver ikke nødvendigvis køre lige bag ved skårlæggeren. En eller flere opsamlevogne kan efterfølgende opsamle det skårlagte græs.

I forhold til decentrale pressestationer vil høstkapaciteten med en 12m skårlægger dog blive for stor. Kapaciteten fra en 12m skårlægger vil kunne fordeles mellem flere decentrale presseværker, ved at den høster i området mellem disse, og hurtigt kan flyttes fra den ene pressestations opland til den anden.



Eksempel på en tredobbelt skårlægger

Nedenstående økonomiske eksempel er fra [Høstrapporten]. I denne er den vurderet for en 10m høst bredde, men tallene vurderes at være nogenlunde de samme. Den tredobbelte skårlægger kan ikke selv samle græsset op. Derfor skal den suppleres med opsamlevogne og et overlæssebord, som kan læsse græsset på en lastvogn.

	Kapacitet (ton/time)	Omkostning (kr/time)
Tredobbelt skårlægger	120	1400
Opsamlevogn	60	900
Opsamlevogn	60	900
Overlæssebord og traktor	120	650
I alt	120	3850

Opsamlevogne

Opsamlevogne for græs har rumfang til at kunne transportere op til 40 – 60m³ græs. Samtidig har vognene deres egen mekanisme til opsamling af græs. Vognene bruges typisk til at opsamle hele græsstrå. Nogle opsamlingsmekanismer kan komprimere græsstråene lidt, hvorved vognen kan rumme mere græs målt i vægt.

Typisk samler en opsamlervogn det skårlagte græs op fra jorden. Vognen kan være trukket af en traktor, som samtidig har en frontmonteret skårlægger. Opsamlevognen kan også samle græs op, som har ligget længere tid på jorden.



Eksempel på en opsamlevogn (Pöttinger)

Mulighed for en specielt konstrueret zero-grazing-vogn:

For en fremtidig løsning til skårlægning og opsamling af græs til produktion af græsprotein vil det være en mulighed at udvikle nyt udstyr, eventuelt ved at kombinere flere kendte teknologier. En mulighed kunne være en kombination af en zero-grazing-vogn og en sammenklappelig 12m bred skårlægger. En sådan løsning vil også i et vis omfang kunne bruges til vejtransport af græsset.

I forhold til den nuværende almindelige anvendelse af en zero-grazing-vogn, i forbindelse med kvægbrug, er nogle faktorer væsentlig anderledes, hvis vognen skal være specielt designet til græsprotein produktion. Det har især betydning, hvis vognen kun i begrænset omfang bruges til vejtransport af græs. Af disse faktorer er de mest væsentlige, at hele græsmarker høstes i én arbejdsgang ved proteinproduktion. For at undgå for meget transport vil den næste mark, desuden typisk være den, der er tættest på.

Transport generelt

Der er overordnet to muligheder for at fragte græsset frem til pressen, hvor den grønne saft bliver presset ud af græsset. Den ene er, at en traktor med landbrugsvogn kører græsset direkte hen til pressen. Den anden er, at traktoren læsser græsset videre over i en lastvogn, som derefter fragter græsset videre til pressen.

Hvis den længste luftlinje fra en græsmark til pressestationen for et område maksimalt kan være f.eks. 15km. Så vil pressestationen lidt forenklet dække et cirkelformet område med en radius på 15km. Ud fra nedenstående betragtning antages det, at den gennemsnitlige afstand for vejtransport også vil være 15km.

En cirkel kan deles op i et antal "lagkagestykker". Hvis vinklen på disse stykker er tilstrækkelig lille, bliver de på det nærmeste trekantede. Flademidtpunktet på disse trekanter ligger $\frac{2}{3}$ af radius i afstand fra centrum af cirklen, 10km. Men det er luftlinjen. Det antages at den gennemsnitlige køreafstand på vejen vil være 50% større. Den gennemsnitlige køreafstand bliver derfor 15km. Det er en betragtning med en del antagelser. Oplandet til en pressestation vil ikke være cirkelformet, fordi der er andre hensyn at tage. Græsarealet vil ikke være ens fordelt i hele oplandet til pressestationen. For en første overordnet vurdering bruges denne antagelse.

Transport på Marken

I forhold til landbrugsvogne, som fragter græsset, er der principielt tre forskellige muligheder. Dette kan være en vogn hvorpå skårlæggeren er direkte monteret. Det kan være en vogn, som trækkes af den traktor, hvorpå skårlæggeren også er monteret. Det kan være en vogn, som trækkes af en anden traktor, end den hvor skårlæggeren er monteret. Vogntyperne kan være zero-grazing-vogne eller en opsamlevogne. Det gælder for alle typer landbrugsvogne, at de skal kunne læsse af højt, hvis de selv skal kunne læsse græsset videre til en lastvogn. Der kan også være et mobilt påslag eller overlæssebord på opsamlingspladsens, som bruges til at læsse græsset op i lastvognen.

Transport på vejen

For vogne til vejtransport er det vigtigt, at lastrumfanget er så stor som muligt. Løst langstrået græs fylder meget i forhold til vægten. Det er derfor lastrumfanget og ikke vægten, som er begrænsende i forhold til hvor meget græs, der kan vejtransporteres på en sættevogn. Den foretrukne løsning vil være en tipsættevogn, fordi den selv kan læsse af ved pressestationen. Det er blevet vurderet, at 1m^3 løst landstrået græs vejer ca. $1/3\text{ton}$ [Krarupgaard]. En traktor med skårlægger og opsamlevogn har en kapacitet på 40ton/t [Høstrapporten]. 40ton antages derved at kræve et rumfang på 120m^3 . Der findes tipsættevogne med et rumfang på 70m^3 , som dermed vil kunne rumme en halv times græshøst.



Danson 70 m3 – 4-akslet tipsættevogn, med Hardox kasse.

Transport: Kombineret mark og vej

Der kan være en rentabel mulighed i at en traktor med vogn udfører både mark- og vejtransporten frem til skruepressen. Hvis skrupressen er placeret på en decentral pressestation indenfor en gennemsnitlig kørefasthed fra marken på f.eks. 15km . Traktorer med udstyr må køre 40km/t på vejen, hvis både traktor og udstyr er godkendt til dette. Da denne hastighed er beskeden i forhold til den øvrige vejtrafik og vejenes generelle beskaffenhed antages det, at gennemsnitshastigheden også vil være meget tæt på 40km/t . Lastvogne må køre 70km/t på landevej, men den hastighed må eller kan de ikke altid holde på mindre veje eller i bymæssig bebyggelse. Det antages at en lastvogn kan holde en gennemsnitshastighed på 60km/t . Lastvognen vil være den hurtigste, men ved at lade traktoren køre hele vejen spares tid i forbindelse med omlæsning på opsamlepladsen samt etablering af opsamleplads. Der spares også en lastvogn, men til gengæld skal der bruges en ekstra traktor med vogn. Det antages at muligheden for at fordelen ved lastvognskørsel på motorvej ikke har nogen praktisk betydning for køretiden, hvis græsset fragtes til en decentral pressestation.

Type	Gennemsnitshastighed [km/t]	Køretid for 2 x 15km [min]
Traktor med vogn	40	45
Lastvogn	60	30

Omlæsning fra marktransport til vejtransport

Hvis græsset skal læses om til lastvogn i forbindelse med vejtransport, så skal dette foregå på en opsamlingsplads med et underlag, som er kørefast for en lastvogn. Anvendelsen af opsamlingsplads hænger sammen med, at transport af græs med landbrugsvogn skal være meget begrænset. I et område med græsmarker skal opsamlingspladserne derfor ligge med forholdsvis kort afstand. Opsamlingspladsen kan være en eksisterende plads i forbindelse med en gård, men det kan også være nødvendigt at anlægge opsamlingspladser i det åbne landskab.

Hvis landbrugsvognen ikke direkte kan læsse over i lastvogne, så skal der være et mobilt påslag eller overlæsserbord på opsamlingspladsen. Ved opstart af græsslåning i nærheden af en opsamlingsplads skal dette udstyr fragtes hen til pladsen og klargøres. Et mobilt påslag vil kunne fungere som en buffer, så traktor og lastvogn tidsmæssigt kan køre til og fra pladsen uafhængigt af hinanden.

Hvis landbrugsvognen kan læsse direkte over i lastvognen, så er der ikke behov for ekstra udstyr på opsamlingspladsen, men der vil være en tidsmæssig binding mellem traktor og lastvogn. Lastvognen skal være på pladsen, når traktoren kommer for at læsse af. Alternativt kan der være to tipsættevogne og én lastvogntrækker, så vil der altid være en tipsættevogn på pladsen, selvom lastvognen ikke er der. Det at lastvognen skal fra- og tilkoble en sættevogn hver halve time, vil dog også give udfordringer. Hvis landbrugsvognen skal læsse direkte over i tipsættevognen, så kan udstyret til dette med fordel være monteret på landbrugsvognen. Når landbrugsvognen primært skal køre på marken, så vil der ikke være de samme restriktioner på opbygning og geometri, som der vil være på tipsættevognen.

Der er flere forskellige løsningsmuligheder omkring opsamlingspladsen. I praksis vil den samlede løsning kunne være en kombination, hvor en type opsamlingsplads etableres i områder med meget tilgængeligt græs, og en anden type anvendes i områder med mindre tilgængeligt græs.

Aflevering og håndtering ved pressestation

En lastvogn med tipsættevogn afleverer græsset på en pressestation ved at tippe det af ned i påslaget.

En landbrugsvogn med det rumfang, som er nødvendigt i denne sammenhæng, har typisk ikke en tipfunktion. På zero-grazing-vogne og opsamlevogne generelt findes forskellige løsninger til at transportere eller skubbe græsset af. Det er muligt, at en specielt konstrueret opsamlevogn skal kombinere forskellige kendte løsninger, så den selv vil kunne aflevere græsset i påslaget.

Hvilke krav og ønsker er der til processen?

Græsset skal være skårlagt og bevaret som hele strå med så få skader som muligt lige indtil processen lige før skruypressen hvor det bliver finsnittet.

I forhold til kvaliteten af proteinpulveret er det vigtigt, at det høstede græs ikke har været nede på jorden at ligge, da det så vil blive kontamineret med jordpartikler. Dette har indflydelse på kvaliteten af proteinpulveret i sidste ende. I forbindelse med anvendelse af en 12m skårlægger kan en reduceret kontaminering eventuelt accepteres. Dette kan ske ved at samle græsset i en høj smal bunke, hvor kun det nederste græs har været i direkte kontakt med jorden.

Der må maksimalt gå cirka 7-8 timer, fra græsset bliver skårlagt til det bliver presset. Der er derfor vigtigt at styre og koordinere de forskellige arbejdsgange, således at det først skårlagte græs også hele tiden er det, som kommer først videre til de efterfølgende håndteringer og processer.

Der skal være en justering af høstkapacitet i forhold til det årstidsbestemt udbytte og i forhold til kapaciteten i de efterfølgende processer. Udbyttet pr hektar har indflydelse på kapaciteten i transportdelen, fordi skårlæggeren kører med nogenlunde samme hastighed uafhængigt af græssets længde og dermed af udbyttet. I forhold til de efterfølgende processer vil det være nemmest og øge eller sænke kapaciteten på skårlæggeren og dermed størrelsen af det areal, der bliver høstet pr døgn. Dette vil kunne udjævne spidsbelastningerne i de efterfølgende processer.

Der skal være en kvalitetskontrol af græsset i forhold til enkelte leverandør. Denne kan eventuelt udføres ved afleveringen på pressestationen.

Interessentanalyse.

Først i processen er interessenterne de landmænd, som ejer græsmarkerne, og skal levere græsset. Hvis de selv ønsker at aftage pressekagen som ensilage efter skruepressen, så kan græsprotein-fabrikkens høst og presning af græsset sammenlignes med den ydelse, som en maskinstation leverer ved en almindelig fremstilling af ensilage. Hvis den pågældende landmand ikke ønsker at aftage pressekagen, eller ikke ønsker at aftage hele pressekagen, så skal der være en afregningspris i forhold til kvaliteten af græsset. De pågældende landmænd kan blive påvirket af lovgivning omkring græsdyrkning på en øget andel af deres areal. Ud fra en betragtning om udbud og efterspørgsel vil dette kunne påvirke handelsprisen på græsset.

Samfundet i form af de miljømæssige gevinster, som vil kunne opnås ved en industriel produktion af græsprotein. Dette kan f.eks. være mindre udvaskning fra markerne, færre "bøvser" fra køerne, og mindre miljøbelastning generelt. Lokalt dyrket og fremstillet græsprotein, vil kunne erstatte importeret soyaprotein, som derved ikke skal sejles halvvejs rundt om jorden. For det globale miljø vil det være et plus, at skovfældning i forbindelse med produktion af soyabønner bliver reduceret. Desuden vil der være mere sporbarhed i lokalt produceret græsprotein end i importeret soyaprotein.

Samfundet i form af krav og eventuelle tilskud til etablering af en græsprotein-produktion, som vil kunne give de miljømæssige gevinster. Der skal være en holdbar miljøprofil for hele produktionen. Det hele må ikke gå op i kørsel frem og tilbage med lastvogne eller dyre og energikrævende processer. Allerede ved etableringen af det første pilotanlæg for industriel produktion vil der skulle investeres i modningen af de tekniske løsninger, samt markedsfølsom udbredelse af produktionsmetoden. Derfor vil det formentligt i en periode fremover være nødvendigt med en form for offentligt tilskud enten direkte til selve produktionen eller i form af en garanteret mindstepris for proteinet.

Eksterne samarbejdspartnere, som hyres ind til f.eks. høst eller logistikløsning omkring lastvognstransport, er også interessenter i forhold til dette led i processen. Her har det f.eks. betydning, om der er udstyr i forbindelse med græsslåning og transport, som kan virke bindende for græsprotein-fabrikken i forhold til en given leverandør af ydelser. Græsprotein-fabrikken kan eventuelt med fordel selv eje sådant udstyr. I det omfang at græsslåning og transport kan udjævne kapacitetsbehovet hos f.eks. maskinstationer, vil dette være en fordel.

Der vil være en række interne interessenter, hvis produktionen fra høst af græs frem til tørring af protein er ejet af det samme firma. Den primære interne interessent er den proces omkring skruepressen, som ligger umiddelbart efter græsslåning og transport. Der er den tidsmæssige faktor mellem græsslåning og høst. I forhold til de efterfølgende processer er renheden af græsset også af betydning. Kontamineringen med jord må ikke være ret stor.

Usikkerheder, teorier og uafklaret spørgsmål.

Denne første proces i industriel fremstilling af græsprotein er teknisk realiserbar. Den vil kunne gennemføres med nuværende udstyr, men vil også kunne forbedres ved specielt tilrettet udstyr baseret på standardudstyr. Dette gælder specielt omkring optagevogne med stor rumfang, hvis disse også skal bruges til vejtransport.

Logistikken omkring centrale eller decentrale pressestationer vil muligvis være en lokalbelastning i høstperioden, som regnes til at være 21 uger. Der er varierende belastning for de enkelte uger, men i spidsbelastning skal pressestationerne køre næsten i døgndrift. For en 40ton/t decentral pressestation vil der skulle køre en stor sættevogn eller traktor med stor landbrugsvogn til og fra hver halve time med græs. Hvis grønsaften skal bringes videre til en central fabrik, så skal der også køre tankvogne ca. en gang i timen.

Dette første led i processen kan sammen med presningen betragtes som substitut traditionel fremstilling af ensilage. Processen frembringer også grønsaft, men den kan alligevel delvist sammenlignes med traditionel fremstilling af ensilage.

Del-konklusion og valg af processer/modeller.

For en vurdering af logistikken vil decentrale pressestationer, med en gennemsnitlig vejafstand ud til markerne på 15km være det foretrukne. Derved vil det være rentabelt at bruge landbrugsvogne til hele transporten, hvis vogn og traktor er godkendt til 40km/t. Centrale presseværker med længere gennemsnitlig køreafstand, vil kræve en omlæsning fra landbrugsvogn til sættevogn, og dermed krav til udstyr og logistik på opsamlingspladser i nærheden af markerne. Desuden vil centrale presseværker koncentrere ophobningen af pressebage, som efterfølgende vil skulle distribueres ud i landet igen.

I forhold til logistiske vurderinger omkring græs vil presning på mobilenheder i nærheden af markerne være attraktivt, men de efterfølgende vurderinger omkring presning viser, at dette i praksis ikke er realiserbart.

Græsslåning med en 12m skårlægger-kombination på store marker vil være en fordel, fordi den ved at bruge de faste kørespor skåner jordbunden. 12m-skårlæggerens kapacitet er dog for stor til bare et decentralt presseværk med en kapacitet på 40ton/t, derfor skal skårlæggerens kapacitet flyttes flere gange i døgnet i oplandet for flere forskellige presseværker. Dette kan kombineres med andre høstmetoder, som f.eks. zero-grazing-vogne, der kan være mere velegnet til mindre marker eller marker, som er mindre regulære i udformning.

Koordineringen af græsslåningen i forhold til pressestationerne er vigtig, fordi græs skal presse indenfor 7-8 timer efter, at det er blevet skårlagt.

Græsslåning vil sammen med den efterfølgende presning kunne erstatte den traditionelle måde at fremstille ensilage på.

I en vurdering af logistikken skal der tages højde for de lokale trafikforhold ved pressestationerne.

Snitning og Presning

Ved presning adskilles det friske græs i to fraktioner. Den ene er grønsaft, som i forhold til hele processen er det primære delprodukt i forbindelse med udvinding af græsprotein. Grønsaft behandles yderligere i de efterfølgende processer. Den anden fraktion er den resterende fibermasse, som også kaldes pressekage eller pulp.

I forhold til fremstilling af pressekage, der kan bruges som ensilage, er snitning og presning sammen med græsslåning de to processer, som kan erstatte traditionel fremstilling af ensilage. Pressekage anvendt som ensilage, enten til dyrefoder eller i forbindelse med biogas, er principielt et sekundært produkt i forhold til udvinding af græsprotein. For en vurdering af økonomien for hele processen vil salget af pressekagen dog være et væsentligt økonomisk bidrag. Hvis udbuddet af ensilage øges markant, vil der på et tidspunkt være en begrænsning for anvendelse til dyrefoder. Brugen af ensilage i forbindelse med biogas er dog i kraftig vækst, så et øget udbud vil formentligt kunne afsættes denne vej

Det høstede græs kan bringes hen til en decentral pressestation, hvor grønsaft presses ud af græsset og sendes videre til en anden fabrik for udfældning af protein. Græsset kan alternativt bringes direkte til en fabrik, hvor hele processen som minimum frem til pastaen er samlet et sted.

Hvordan gør man i dag?

Den nuværende metode til fremstilling af ensilage er generelt beskrevet i kapitlet om græsslåning og transport. Specifikt erstatter presningen den del af den traditionelle fremstilling af ensilage, hvor græsset ligger på marken og tørrer delvist, indtil tørstofindholdet er steget fra ca. 17% til ca. 30%.

Der findes ingen nuværende industriel produktion af grønsaft. I Foulum findes et forsøgsanlæg med en mindre Vincent skruepresse. Ligeledes i Foulum er der ved at blive etableret et større pilotanlæg, hvor forskellige parametre i forbindelse med industriel produktion vil kunne afprøves. I 2016 blev der gennemført et forsøg i forbindelse med Nybro Tørreri, hvor industriel produktion blev delvist testet bl.a. med en større Vincent skruepresse.

Den nuværende snitter ved forsøgsanlægget i Foulum er en såkaldt shredder. Den virker lidt efter samme princip som en makulator, den er bare væsentligt kraftigere. Den klipper græsset i mindre længder og drysser det kontinuerligt ned på et transportbånd, som fører det hen til pressen.



Eksempel på en kniv til shredderen (Foulum)



Udsnit af sien i skruepressen

Hvilke alternative muligheder findes der?

Principielt findes der en række forskellige metoder for at adskille væske og faststof i en presse. Men i forhold til en fortløbende produktion med så store mængder materiale, er skruepressen i praksis den eneste realistiske mulighed.

I rapporten "Teknikker til høst og presning af græs til udvinding af protein" [Høstrapporten] er forskellige metoder til neddeling, snitning eller bearbejdning af græsset inden pressen blevet undersøgt. Her er en kort gennemgang af de beskrevne metoder.



Eksempel på det centrale hjul i en hammermølle

Hammermøllen neddeler materialet ved at dette rammes af det hurtigt roterende centrale hjul. I høstrapporten undersøges muligheden for anvendelse af to forskellige fabrikater. Den ene er fra Huning og den anden er fra Promill. Det konkluderes at metoden ikke er velegnet pga. det store væskeindhold i græsset.



Et eksempel på en knivcylinder. Modholdet er ikke vist på dette billede

En knivcylinder kan være det første led i neddelingen af græsset før pressen. Den vil typisk kunne neddele græsset til mellem 10 og 40mm. For at opnå maksimalt udbytte i pressen skal græsset herefter igennem en shredder for yderligere neddeling



Eksempel på en grinder til fremstilling af piller

En grinder presser det våde græs ned gennem en matrice. Græsset bliver derved til en masse som er let at presse i skruepressen. En grinder bruges almindeligvis til at presse f.eks. træpiller.

Et alternativ til en snitter kan være en mixer. Mixeren har visse ligheder med en skruepresse med to skruer. I mixeren ligger skruerne ved siden af hinanden i bunden af tragtformet kasse eller kar. Græsset bliver mere æltet end egentligt snittet. Det foregår mellem sneglene og mellem de enkelte snegle og bunden af kassen. I mixeren separeres grønsaft og pressekage ikke. Ved eksisterende mixere vil der typisk være et saftafløb fra kassen, da der ved konstruktionen af disse ikke har været fokus på dette. Men dette vil formentligt kunne ændres, hvis mixeren konstrueres specifikt til udvinding af græsprotein. Ved sammenligning med en snitter er der ikke et kontinuerligt flow gennem mixeren. Den bliver fyldt i batch som derefter bliver bearbejdet i nogle minutter før det ledes videre. Græsset vil tilsyneladende kunne føres videre i en kontinuerlig strøm, indtil mixeren er tom, og skal fyldes med en ny batch. I perioden hvor mixeren fyldes og bearbejder græsset vil den ikke kunne levere en strøm af græs hen til skruepressen.

De nedenstående billeder er fra et forsøg udført af Thorkild Frandsen fra Teknologisk Institut. Forsøget er udført med en SEKO-mixer i forbindelse med forsøgsanlægget i Foulum d. 20-09-2018.

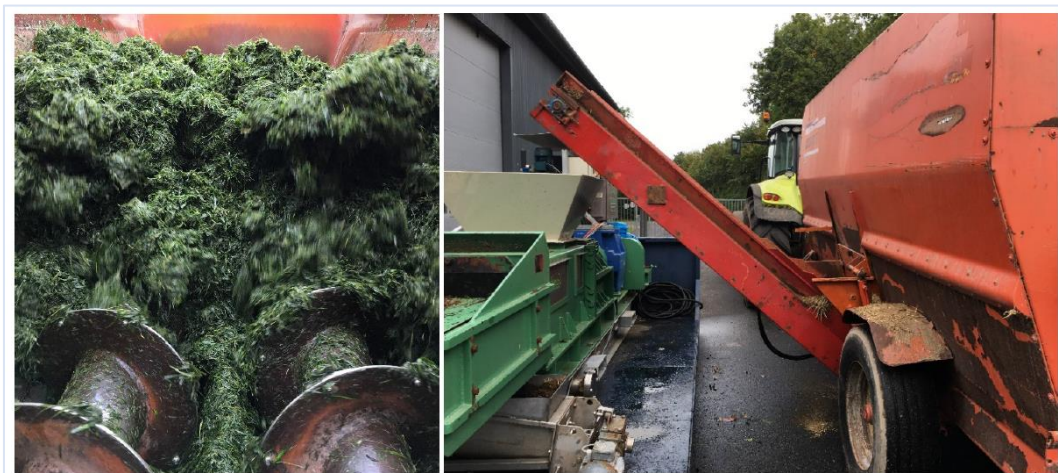


Figure 1. Left photo: Mixing of freshly cut grass in Seko mixer unit. Right photo: Feeding of Twin Screw Press from Seko mixer unit.



Figure 3. Left: Grass fiber fraction after treatment in Twin Screw Press. Right: Fresh grass after treatment in Seko mixer.

Hvilke krav og ønsker er der til processen?

For den efterfølgende proces i pressen vil det være en fordel at græsset snittes så fint som muligt. Dette har dog også sine ulemper, da det vil give øget saftafløb og øget tendens til at græsset klæber fast til tragten, som leder græsset ned i pressen. Disse ulemper kan muligvis reduceres eller måske helt fjernes ved at placere finsnitteren lige ovenpå skruypressen. Saftafløbet vil derved løbe direkte ned i skruypressen og igennem denne samme med den resterende saft, som presses ud af græsset.

Risikoen for klæbning til siderne af tragten vil ligeledes være kraftigt reduceret fordi overgangsstykket eller tragten mellem finsnitteren og skruypressen i udstrækning vil være minimeret eller i bedste fald helt fjernet, således at det snittede græs vil drysse fra finsnitteren og direkte ned i skruypressen.

Ved at placere finsnitteren direkte ovenpå skruypressen vil finsnitteren kunne fungere som en doseringsenhed, som sikrer det korrekte flow af græs ned i skruypressen.

Pressen skal for store mængder græs kontinuerligt kunne presse mest mulig væske ud af frisk græs. I en samlet vurdering med de andre led i processen skal en modulenhed kunne presse 40ton/time. En sådan modulenhed kan i princippet bestå af flere maskiner. For en økonomisk betragtning, hvor også det perifere udstyr tages i betragtning, er det oplagte valg at en modulenhed udgøres af en maskine. Processen er direkte sammenlignelig med mange andre processer, hvor væske pressen ud af et fiberholdigt materiale. Sammenholdt med ønsket om en kontinuerlig proces med høj kapacitet er skruypressen det oplagte og reelt eneste mulige valg.

Inputs og Outputs til/fra processen?

Input til snitning og presning er frisk græs "i hele længder". Det skal snittes og presses indenfor 7-8 timer efter det er blevet høstet eller skårlagt. Græsset skal være rent. Indholdet af jord og sand skal være så lavt, som det er praktisk muligt.

Output er grønsaft, som bearbejdes videre i de efterfølgende processer, og pressekage der kan anvendes som ensilage til dyrefoder eller i biogasanlæg.

Interessentanalyse.

Leverandør af græsset er den enkelte landmand sammen med den maskinstation, som eventuelt høster græsset for landmanden. Græssets beskaffenhed, herunder kontamineringen med jord, skal vurderes i forhold til hvad der er praktisk muligt for både landmanden og maskinstationen.

Den næste interne proces i forhold til bearbejdningen af grønsaft er udfældningen af protein.

Eksterne aftagere af pressekage til brug som ensilage til foder eller til biogas. I nogle tilfælde kan landmanden, som leverer græsset, også være den der aftager pressekagen.

Del-konklusion og valg af processer/modeller.

For snitning eller bearbejdning af græsset inden pressen er der flere mulige metoder. Pressen skal kontinuerligt fødes med snittet græs i en jævn strøm. Hvis enheden, der bearbejder græsset inden pressen, ikke på samme måde arbejder kontinuerligt, kan det være nødvendigt at placere en bufferenhed mellem denne og pressen. Alternativt kan der være flere enheder, som supplere hinanden i forhold til at skabe en kontinuerlig strøm hen til pressen.

For pressen er det oplagte valg en skruepresse med en kapacitet på 40ton/time. For en fabrik med en større kapacitet end 40ton/time vil flere presser kunne arbejde parallelt med hinanden. Den enkelte presse kan alternativt have en mindre kapacitet, men det vil formentligt øge omkostningerne i forbindelse med etablering og drift.

Pressekage håndtering

Hvordan gør man i dag?

I forbindelse med forsøgsanlægget i Foulum er der i dag ingen systematisk anvendelse af pressekagen.

Hvilke alternative muligheder findes der?

Pressekagen kan anvendes som ensilage til dyrefoder eller biogas. Den kan dog, afhængigt af processen, være findelt i forskellige grad, hvilket kan være afgørende for dets anvendelse som foder.

Håndteringen efter pressen vil typisk være et transportbånd, som transporterer det udenfor bygningen til et sted, hvor det kan læsses på en vogn. Herefter skal pressekagen fragtes enten til et kvægbrug eller til et biogasanlæg. Hvis pressekagen sælges til kvægbrug i bulk, så skal den opbevares i en sammenpresset og overdækket bunke. Hvis pressekagen sælges til et biogasanlæg, kan den i et vist omfang sendes direkte ind i anlægget.



Eksempel på mobilt udstyr fra Göweil til indpakning af bigballer

Den vil være en alternativ mulighed i forhold til at sælge pressekagen i bulk. Den højeste salgspris for pressekagen kan formentligt opnås ved at sælge den som indpakkede bigballer. Der vil være ekstra omkostninger ved fremstilling af disse, og det vil derfor ikke være relevant i forhold til lokale kvægdrifter af en kommerciel størrelse. De indpakkede bigballer kan derimod være relevante i forhold til mindre kvægbrug og hobby landbrug, fordi de er nemme at håndtere og opbevare i længere perioder. Ligeledes vil der være mulighed for at transportere dem over længere afstande.

Hvilke krav og ønsker er der til processen?

Pressekagen er et sideprodukt for hele processen i forhold til græsprotein, men for en samlet vurdering af økonomien repræsenterer pressekagen en værdi, som skal realiseres gennem salg.

I produktionsperioden vil der kontinuerligt blive genereret store mængder pressekage. Derfor skal der være logistiske løsninger, som hele tiden fjerner pressekagen fra fabrikken. Hvis der skal være en buffer for opbevaring af pressekage ved fabrikken, så skal dette, for opbevaring i bulk, foregå på en plads som er indrettet og godkendt til dette. Hvis en del af pressekagen opbevares som indpakkede bigballer, vil der formentligt ikke være de samme krav til pladsen for dette.

Hvis pressekagen bruges til foder, skal den indenfor en begrænset periode enten presses sammen i en overdækket bunke eller laves til indpakkede bigballer. Dette har betydning fordi nedbrydningsprocessen standses, ved at hindre iltens adgang til pressekagen. Ligeledes mindsker det risikoen for kontaminering af ensilagen.

Del-konklusion og valg af processer/modeller.

Pressekagen kan anvendes som ensilage til biogas eller dyrefoder. Hvis den anvendes til dyrefoder, kan graden af neddelingen af fibre have betydning for dens anvendelse. Pressekagen vil formentligt hovedsageligt skulle sælges i bulk, men der er også muligheden for at sælge den i indpakkede bigballer.

På fabrikken frembringes store mængder pressekage. Logistikken omkring håndtering og transport af pressekagen væk fra fabrikken er derfor vigtig.

Fermentering og centrifugering, Brun-/Grønsaft, Pasta og Tørring

De følgende afsnit vil beskrive områderne for udfældning og mekaniske behandlinger af grønsaften til udvinding af proteinpastaen. Produkterne vil undervejs blive analyseret med forslag om alternativer. Samtidig vil tørringsprocesser og hvor denne kunne foretages bliver analyseret. Kapacitetsstørrelsen er forudbestemt ud fra tal fra høststatistikker og med mål om at have et stort produktionsflow. Ud fra resultaterne fra områder af græsprotein fabrikken, kan en mindre eller større fabrik diskuteres. Der kigges på 40 tons/t decentrale og 120 ton/h central fabrik. Både på 20 timers drift pr. døgn samt døgn drift vurderes. Der forventes en driftsperiode på ca. 21 uger.

Metoder anvendt i dag

Testanlæg i Nybro og Foulum har produceret græsprotein med anvendelse af fermentering og dekanter centrifuge.

Fermentering:

Aarhus Universitet har med deres forsøgsanlæg i Foulum, anvendt mælkesyrefermentering med egen produktion af mælkesyre til udfældning af protein.

Efter grønsaften produceres via presning, fjernes fiberen via filtrering med en buesi. Herefter opvarmes saften til 35 – 40 grader og tilsættes fermenteringstanken straks efterfølgende. Det er vigtigt at grønsaften ikke bliver udsat for en vis mængde iltning, da enzymerne dermed vil begynde at spalte proteinstoffet.

Saften føres videre til en fermenteringstank. I tanken er der allerede en aktiv mælkesyrekultur, som med opblanding af grønsaften påbegynder proteinfældningen af grønsaften. Ved at syrne grønsaften straks efter presning, nedsænket pH værdien straks til et niveau omkring 4. Mængden af grønsaft der påfyldes fermenteringsbeholderen, skal være i forhold 1:1 til mælkesyren. Kulturen er resultat af et forarbejdet produkt, som skal igennem flere processer, bl.a. et 40 grader varmeskab. Kulturen tager omkring 4 døgn at producere. Den er nødvendig ved enhver opstart af fermenteringsprocessen, dermed også efter en rensningsproces. Ved ligeligt mængder af grønsaften og kulturen kan der forventes en fordobling af bakterier pr. time. Dermed kan der ved 4 m² ligeligt fordelt væsker kunne tilføjes yderligere 4 m² grønsaft efter en time. Til produktion af mælkesyrebakterierne kræver der kompetent personale.

Processen er kontinuerlig og væsken kan betragtes homogent, typisk med aftapning i bund og påfyldning i top. Det kræves at der holdes kontrol med temperatur og pH for at sikre det aftappede væske (biomassen) holder kvaliteten.

Det erfarer at testforløbet i Nybro at fermenteringsprocessen kan producere bundfald og en tank med forsigtig omrøring er nødvendig.

Fra fermenteringstanken pumpes den syrnede grønsaft med, pH værdi 3,8-4,0 frem til dekanter.

Intervalleret for rengøring af fermenteringstanken er usikkert. Foreløbig regnes med 1 gang i ugen.



Produktion af mælkesyre og grønsaft

I følge Pauli Kiel vil det være en udfordring at få produceret en mælkesyrebakterie med grønsaft eksternt. Det skyldes blandt andet grønsaften, som er i højrisiko for at blive ustabil, hvis den ikke kommer i direkte behandling efter fremstillingen. Dette vil blandt andet resultere i ødelæggelse af proteinet. Den eksterne mælkeproduktion

ville dermed være nødsaget til at presse frisk grønsaft selv, hvilket anses for at være en besværlig proces. Grundet overstående vælges der ikke at kigge nærmere på en ekstern levering af en forkultur til fermenteringsopstart.

Dekanter Centrifuge

Til adskillelse af væsker benyttes en 2-fase dekanter centrifuge. Den adskiller to produkter, det faste proteinpasta og en væske i form af brunsaft.

SiccaDania anbefaler to forskellige anlæg fra to leverandører, med en ønsket kapacitet på 24 t/h. For at bestemme kapaciteten nærmere er massefylden for de produkter som bliver adskilt samt mange andre nødvendig at kende.

Massefylden for Protein massen samt brunsaft er ikke kendt på nuværende tidspunkt.

Rengøringsinterval for en dekanter afhænger meget af inputproduktet. Før der køres en test med biomassen, kan et intervalleret være svært at bestemme. Nødvendighed for rengøring kontrolleres via temperatur.

Nedenfor vises to kendte rengørings intervaller for to forskellige proteinmasse.

- Ærte protein 4. time
- Soya protein 2. uger

Rengøringen tager omkring en time til to og anses derfor med et interval på hvert 4. time at have store drift og økonomisk betydning. Yderligere betyder det at en parallel drift er nødvendig hvis kontinuerlig drift er et krav over få timer.

Varmebehandling som et alternativ

Foulum vil have mulighed for at teste begge processer. En varmebehandling af grønsaften for proteinudfældning, kræver en temperatur på ca. 80 grader. Opvarmningen kan foretages med en varmeveksler.

Processen, fordele og ulemper vil blive yderligere beskrevet senere i rapporten.

Buffer tank

Hos Foulum er valgt en buffer tank før dekanter centrifugen for at sikre fleksibilitet. Der opnås ligeledes optimale driftsforhold for Centrifugen, ved den kontinuerlige drift.

High Sugar Product

AAU planlægger processer for at udvinde brunsaften til et høj-sukker produkt. Dette kræver to yderligere behandlinger i for af en varme- og omvend osmose behandling.

Brunsaften vil i denne proces miste sit bændselinhold og saften er derfor ikke længere interessant for et biogasanlæg. Morten fra AAU siger at værdien er langt højere på suger end brunsaft som biobrændsel.

Næringsindholdet er dog stadig tilstede og landbrugsmarkerne vil stadig kunne opnå en form for udnyttelse.

Mængden vil dog ikke være ændret betydeligt og brunsaften, fratrukket brændsel indholdet, er dermed stadig det absolut største output uden økonomisk gevinst.

Tørring af proteinpasta

Til tørring findes der blandt andet spray drying og spin flash. Danish Marine Protein har testet deres produkt med et spin flash anlæg og har valgt denne type af tørring.

Generelt for en tørringsproces er et enormt energiforbrug, pladskrav og et betydelig investerings størrelse.

Det har ikke været muligt at finde en leverandør, som har direkte erfaring med et tørringsanlæg, der kan bearbejde proteinpastaen. Nedenfor er der beskrevet to kendte tørringsprocesser.

Spray Drying

Denne type tørrings hovedkomponenter er dysser, tørrekammer og en cyklon proces. Et anlæg kan levers med forskellige opvarmningsniveauer. For denne rapport bliver der taget udgangspunkt i 180°C - 200°C.

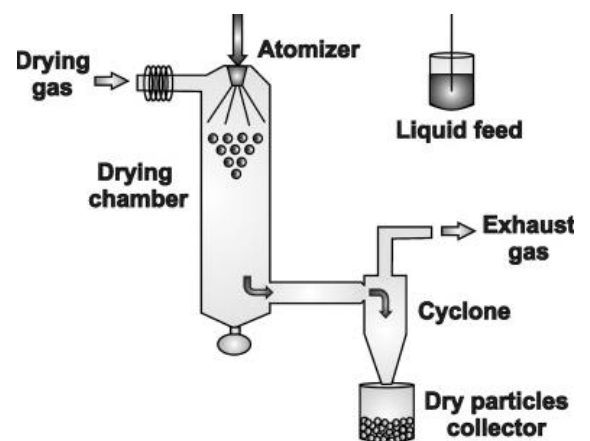
Sanovo levere disse anlæg og hovedsageligt til tørring af æggehvider. Da de ikke har erfaring med tørring af græsprotein, anbefaler de test af produktet.

Den første test vil være et laboratorium test, hvor der blandt andet kontrolleres om mediet er pumpbart og er en kompatibel med dysserne, koster 7.500 kr.-. Hvis mediet ikke kan pumpes kan en viskositeten forsøge at sænkes via tilsætning af fermenteret eller varmebehandlet grønsaft. Alternativt kan dekanter centrifugen muligvis indstilles således at viskositeten af proteinpastaen er pumpbart. Dette medvirker selvfølgelig til et mindre TS % og dermed større energibehov ved tørring.

Muligheden for at kunne sænke viskositeten afhænger dog af hvad der skaber viskositeten i proteinpastaen.

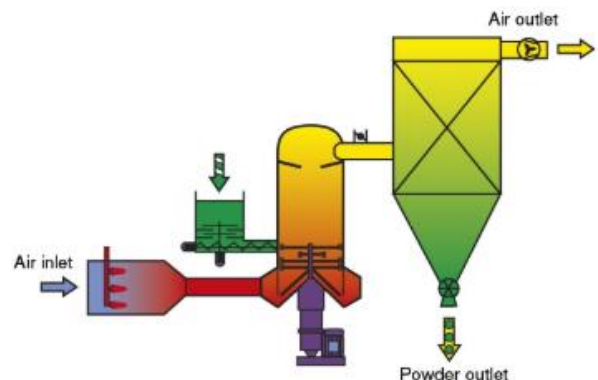
Brug af enzymer til hydrolyse af fibre kan i nogle tilfælde sænke viskositeten. Er det udfældet protein der giver viskositeten skal proteinerne formegentlig opløses.

Hvis proteinpastaen er eller kan gøre pumpbart, kan den næste test foretages. Her anbefaler Sanovo en test drift på 8 timer med omkring 70 kg medie i timen. Testen koster 26.000 kr.- men er gratis hvis testen ender med køb af anlæg.



Spin flash dryer

Denne type tørring er velegnet til materiale med høj viskositet ved brug af to hovedprocesser, disintegration og tørring. Adskillelsen af den tørre masse sker blandt andet via en mekanisk mølle som slår produktet i mindre stykker. Samtidig blæses der fri varm luft ind i højhastighed som flytter produktet op og videre i processen. Spin flash dryer er særlig anvendelig til høje viskositetsprodukter, hvilket passer godt sammen med græsproteinpastaen.



Del konklusion

Testanlæg i Foulum har bevist at der kan produceres en brugbar proteinmasse ud af grønsaft. Til udfældning af proteinmassen er der blandt andet anvendt Fermentering med mælkesyre og en dekanter centrifuge. Mælkesyren kræver ca. 4 dages forberedelse i form af flere processer. Når bakterieniveauet er tilstrækkeligt, kan der køre med et kontinuerlig flow fra fermenteringstanken. Testforløbet i Nybro viste at der uden omrøring i tanken, kan opstå bundfald. Rengøringsintervallet er usikkert men kan foreløbig antages til være en gang om ugen.

Til at adskille brunsaft og proteinpasta benyttes der en dekanter centrifuge. For at bestemme centrifugens kapacitet skal massefylde kendes på de ønskede adskilte produkter.

Rengøringsintervallet kan ikke vides før en test men biomassen er foretaget. Nuværende drift med udvinding af kartoffelprotein og sojaprotein har stor forskel på rengøringsintervallet.

Som et alternativ til fermenteringen har AAU valgt at forsøge sig med en varmvæksling.

Brunsaften har et sukkerindhold som kan udvindes via bl.a. en omvendt osmose proces. Saften har ifølge Morten Ambye Jensen fra AAU en højere værdi end som rent brændsel for et evt. biogasanlæg. Ved fjernelsen af sukkeret, har brunsaften stadig et næringsindhold og dermed gødningspotentiale.

Alternative metoder

Varmebehandling

Foruden den patenterede mælkesyrefermentering proces er en varmebehandling også mulig, som en særskilt løsning.

AU har undersøgt forskellige typer varmeveksler og fundet den type veksler, som behandler den grønne saft bedst. Spiralvarmeveksler er blevet afprøvet, men pladevarmeveksleren har vist sig at være det optimale valg. Ved den høje temperaturveksling hos spiralveksleren vil grønsaften danne belægning efter kort tid og endda med mulighed for at flowet tilstopper over tid. Kontakt til Alfa Laval bekræfter at pladevarmeveksleren vil være det optimale valg.

Varmebehandlingen skal forsynes med varme, og alt efter typen af energikilden, er der mulighed for en hurtig opstart uden større forberedelse. Med CIP vil en rengøring kunne køre automatiseret og hurtig. Samlet set kræver løsningen færre komponenter.

Ved opvarmning af grønsaften eller en kombination af syre tilsætning og opvarmning vil proteinet udfældes. Den vil dog mindste en egenskab som Pauli Keil blandet andet har konkluderet:

Den vil ikke være opløseligt idet strukturen ændres ved opvarmning til mere end 80C, ligesom når man opvarmer æggehvite, som stivner og ikke igen kan opløses. Proteinene kan dog stadig bruges til foder, men ikke som funktionelt protein.

Et funktionelt protein kan anvendes i fødevarerindustrien og en varmebehandling vil dermed udelukke dette markedsområde.

Nedenfor ses en liste med fordele og ulemper ved de to nævnte metoder:

Fermentering

Fordele

- Hæmmer væksten af salmonellabakterier
- Hæmmer væksten af stafylokokker (probiotisk effekt)
- Gode fordele for proteinproduktet som foder alt efter tørringsmetode.
 - Forebyggende effekt mod angreb af sygdomsfremkaldende bakterier
 - Stor fordel hos fx pattegrise

Ulemper

- Større antal procestanke
- Nødvendighed for transport af mælkesyre kulturen ved eventuel mindre decentrale fermenteringsanlæg.
- Transporten er ikke efterprøvet.
- Særlige krav til tankudstyr.
- Lang opstartstid
- Krav til laboratoriums udstyr hvis mælkeproduktionen foretages internt
 - Laboratoriums lokale, tryktank m.m.

Pladevarmeveksler

Fordele

- Færre processer
- Automatiseret (alt efter energikilde løsning)

- Giver tunge proteinmolekyler
 - Nemt bearbejdeligt for dekanter (Øger muligvis capture rate for dekanter)
 - Giver muligvis et længere CIP interval

Ulempe

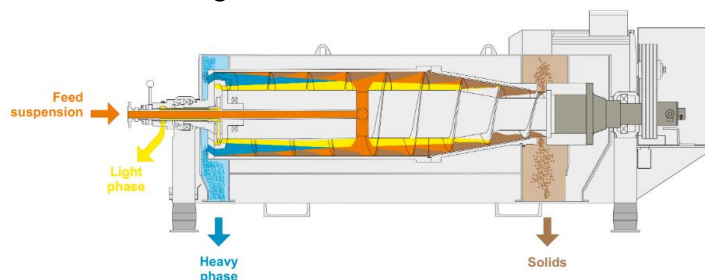
- Proteinet bliver ikke funktionelt
- Stort energikrav til opstart indtil en kontinuerlig kørsel er opnået
 - 5,8 MW ved central fabrik (udregnes senere)
- Større energikrav til drift
 - Temperaturhævning på ca. 15°
 - 1,6 MW (udregnes senere)

Svovlsyre tilsætning

Svovlsyre tilsætning er også en mulighed for udvinding af protein fra grønsaften. Ved tilsætning af svovlsyre i stedet for mælkesyrefermentering tilføres sulfat, som ikke er tilladt i økologisk landbrug. Dette vil have stor betydning for niveauet for salgsprisen og eventuelle tilskud for økologisk produktion vil ligeledes være i fare.

3-fase Dekanter

Der findes dekanter centrifuger med tre udgange frem for den tidligere nævnt to fase. Den tre fase dekanter leverer yderligere et 3. produkt som kaldes den tunge væske. Siccadania har oplyst at denne udgang bruges ved olieindholdsmæssige produkter og er dermed ikke interessant for grønsaften.



Partikelfiltrering

Filtreringsteknologi, herunder membranfiltrering, er en metode Arla Food benytter til produktion af valle protein. Hvis denne teknologi er funktionel og med økonomisk fordel kan anvendes til grønsaften, vil processerne fermentering og dekanter centrifugering kunne omgås.

Målet med filtreringen kunne være at fjerne alt fiber i grønsaften og ende med protein alene.

Af filtreringsprocesser kan der nævnes membran-, ultrafiltrering og omvendt osmose filtrering.

Proteinpasta tørring

Pastaen vil forlade dekanter centrifugen med omkring 25% – 35% tørstof. En tørringsproces er derfor nødvendig til at opnå et koncentreret proteinpulver. Til tørringerne har fabrikken to muligheder. Enten varetage processen selv eller transportere den til en tørrecentral.

Ved transport kræves der nedkøling af pastaen til ca. 5°C efter en varmebehandling. Det er uvist, grundet manglende test, hvorvidt pastaen med en mælkesyrebakterie kan holde sig uden nedkøling. Der tages derfor udgangspunkt i samme nedkølingskrav som til varmebehandlingen.

Transport

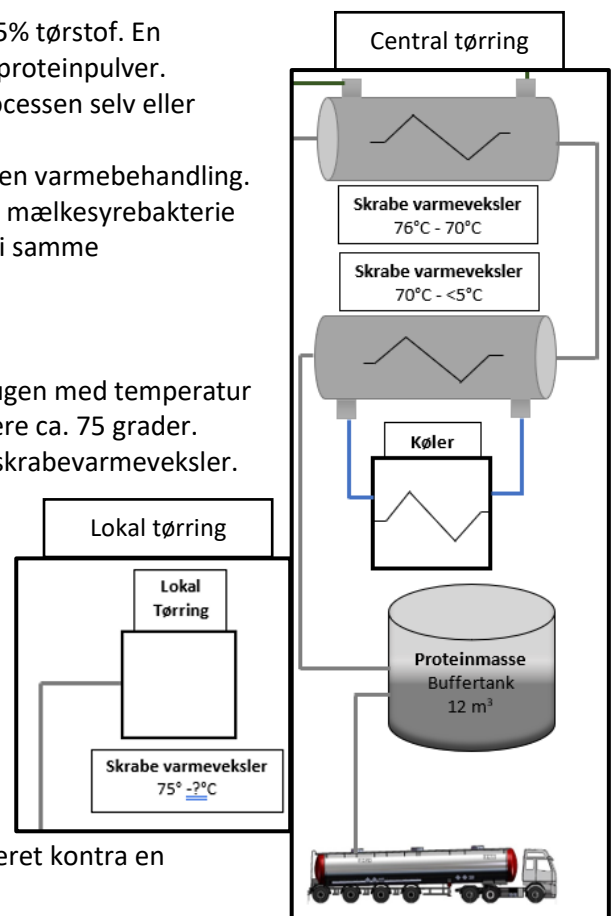
Ved en fermenteringsproces vil proteinpastaen forlade centrifugen med temperatur på omkring 37 grader. Med en varmebehandling vil pastaen være ca. 75 grader. Varmen vil yderligere blive reduceret ca. 5 grader igennem en skrabevarmeveksler. Dermed skal der køles enten 32°C eller 65°C for at nå 5°C, hvilket er en betydelig mængde energi. Efterfølgende skal proteinpastaen lagres inden den transporteres videre til en betalt tørring.

Lokal

Med en lokal tørringsproces vil en nedkøling, transport og betaling ikke være nødvendig. Derimod skal der etableres et tørringsanlæg samt dertil driftsomkostninger. En anden fordel ved central tørring er vægten af den efterfølgende transport. Efter tørringen vil mængden af transport være betydelig reduceret kontra en proteinpasta transport.

En investering af eget tørringsanlæg er af betydelig størrelse og derfor brude der overvejes brugte anlæg eller et fælles anlæg.

Med overstående viden vælges en lokal tørring mode som fremtidigt fokusområde.



Proteinpasta direkte til foder

Et alternativt til tørring kunne være at benytte proteinpastaen direkte som vådfoder eller som et tilsætningsstof igennem et blandingsanlæg. Begge muligheder er blevet afprøvet og er med større udfordringer, Pasta som tilsætningsstof

Proteinpasta som tilsætningsstof er blevet afprøvet af SEGES med pasta fra Foulum med TS % på 30. Ud fra en rapport og fysisk test udarbejdet af SEGES bestemmes det at det ikke er muligt, på en større skala, grundet flere problemer.

Kilde: "Rapport om foderblende-test med proteinpasta hos Vestjyllands Andel.PDF"

Pasta som vådfoder

Der er ligeledes forsøgt at benytte pastaen som direkte vådfoder til grise. Lige nu testes denne i projektet "SuperGrassPork". SEGES er dog skeptisk overfor holdbarheden af proteinpastaen, forbehandlet med mælkesyre. Holdbarheden er vigtig da der er få landmænd som har vådfodringsanlæg, og de få skulle derfor kunne deponere overskuende pasta. Levering til et stort antal landmænd ville ikke være økonomisk da det antages at leveringen bliver for kostbar. Til foråret vil en opbevarings test af pastaen på 12 måneder være gennemført.

Brunsaft

Saften kan betragtes som et biprodukt med lav værdi. Med nuværende løsninger vil saften være af en betydelig størrelse på ca. 50 % af den tilførte mængde frisk græs. Tørstofindholdet vil være ca. 5 % samt en vist mængde protein alt efter dekanter centrifugens effektivitet.

SEGES skriver i "Teknikker til høst og presning af græs" at saften evt. kan indgå som et blandingsprodukt hos biogasanlæg hvor biomassen har et højt tørstof indhold. Tilsætning af saften vil dermed gøre biomassen pumpbart. Det afhænger dog af næringsstofindholdet og gaspotentialiet i væksten for hvorvidt væsken og hvor store mængder, er interessant for et biogasanlæg.

Ved et perfekt scenarie blev græsproteinfabrikken etableret parallelt ved et biogasanlæg med biobrændsel, som havde et forbrug som kunne dække store dele af fiberpulp og brunsaft produktion. Dermed elimineres større transportudgifter.

Et alternativ vil være at afsætte saften til markarealer. Dertil er der dog forbundet en del transportudgifter, da det må forventes at skabe meget transport grundet brunsaftens mængder. SEGES har undersøgt overstående og konkluderet det samme.

Inddampning af saften for at reducere mængden og afsætte resten som substrat til fermenteringsprocesser er også overvejet hos SEGES. Behandlingen kræver dog store mængder energi.

Del konklusion

Både fermentering og varmebehandling af grønsaften har hver deres styrker og svagheder. Varmebehandlingen giver et ikke funktionelt proteinprodukt men kræver derimod færre processer end fermentering. Ud over flere processer, kræver fermenteringen også kompetent personale og et større areal. Derimod vil proteinet være funktionelt og samtidig kunne opnå gode egenskaber i foderet i form af en forebyggende effekt overfor angreb af sygdomsfremkaldende bakterier.

Pastaen kan på nuværende tidspunkt ikke betragtes som et endeligt produkt og en tørringsproces for at få et brugbart blandingsprodukt er derfor nødvendigt.

En tørringsproces bør foregå lokalt, da alternativet medføre større omkostninger langsigtet.

Brunsaften er en udfordring da værdien og meget lav og mængden er stor. Dette betyder store udgifter i form af afsættelse hvis alternative aftaler med f.eks. et biogasanlæg ikke kan opnås. Selv med en aftale er det utænkelig at hele mængden af brunsaften kan afsættes til et enkelt anlæg og dermed er flere aftaler nødvendig.

Proceskrav

Kontinuerlig proces

For det samlede anlæg ønskes der et kontinuerligt flow. Fermentering, Varme og Dekanter Centrifugeringsprocessen må ikke blive en større flaskehals pga. nedetid ved service, rensning eller fx manglende mælkesyrekultur til opstart af fermenteringsprocessen.

Proceskrav for Fermentering

Tidligere nævnt har Nybro fermenterings test produceret bundfald og ophobning af en fast masse i fermenteringstanken over en uges drift. For at sikre mod dette ønskes der omrøring i alle tanke for at opnå en homogen blanding. Alle processtanke skal sikres mod undertryk og der kræves tryktank til 200 liter fermentor tanken for mælkesyreproduktionen. Alle skal være passende hygiejnisk standard og kunne rengøres med varmt vand i et spulesystem.

Der skal yderligere være kontrolsensor for pH værdien og temperatur.

Tidligere nævnt kræves der UV-lys i toppen af gærings- samt buffertankene for at hindre dannelsen af skimmelvæsk på overfalden.

Alle de ekstra komponenter og tilbehør har en betydelig økonomisk størrelse, som vil blive dækket senere i rapporten.

For at sikre flowfleksibilitet efter fermenteringen og dermed sikre et konstant flow mod dekanteren, kan der placeres en buffertank efter fermenteringen.

Rengøringsintervallet for processtankene er ukendt med i samråd med Pauli Kiel antages der en gang om ugen.

Proceskrav varmebehandling

Alfa Laval oplyser at pladevarmevekslere som i dag opvarmer kartoffelsaft for udvinding af protein, har et optimalt rengøringsinterval på ca. hver 4. time. Der tages udgangspunkt i samme interval for grønsaften, da intervallet for grønsaften ikke kendes. CIP vil være en nødvendighed for at holde produktionen kontinuerlig kørende samt automatiseret. Alfa Laval oplyser at der benyttes ren lud og en fuld rengøringsproces tager ca. 45 – 60 min.

Pladevarmeveksleren skal være med teknologien wide gab for bl.a. at forsinke en opbygning af grønsaftsbelægnings længst muligt. Alfa Laval anbefaler WG100S-FG til 24 m²/h og WG200S-FG til 72 m²/h.

Billedekilde: WideGab brochure.pdf



24 timers drift – Genvinding af varmen

For at opvarme grønsaften til 80°C, kræves der en stor mængde energi. For at nedsænke kravet, kan brunsaftens varme genanvendes, som forvarmer til den friskpresset grønsaft der betragtes som 10°C. Før at genvindingens processen køre, skal grønsaften opvarmes til 80°C alene af en energikilde, indtil den første brunsaft rammer forvarmeren. Denne store energikrævende opstartsproces skal gentages ved ethvert stop og er på ca. 5,8MW ved en central fabrik løsning.

Udgangspunktet har været 20 timers drift og 4 timers produktionsstop. Med en varmebehandlingsløsning med pladevarmeveksler vil de 4 timers stop giver en start/stop engang i døgnet. Døgndrift vil derfor være en stor energi- og driftsmæssig fordel.

Proceskrav dekanter centrifuge

Ved brug af en varmeveksler modtager centrifugen grønsaft på 80 grader. Dekanter leverandør har erfaring med at behandle væsker med høje temperatur i deres dekanter. De anbefaler en konstruktion som varmeisolerer lejer

og kan modstå 80 grader. Skulle den øgede temperatur resultere i tidlig service, koster et servicekit ca. 30.000 kr.- ifølge Alfa Laval.

Tidligere nævnt har en dekanter, som adskiller ærteprotein, et rengøringsinterval hvert 3. – 4. time. Modsat kan soyaprodukter køre 2 uger. Det er ikke lykket at få oplysninger omkring intervallet ved drift af grønsaft. Der tages udgangspunkt i to scenarier for rengørings interval. En hver 4. time. og en hver uge.

Proceskrav til Tørring

Til spray drying er det et krav at proteinpastaen er pumpbar. Hvis tørstofprocenten skulle ende med 30% eller mere er pastaen som et pumpbart medie i fare. At opblende mediet så det bliver pumpbar vil sjældent være det optimale valg hvis der findes alternative tørringsmetoder.

Spin flash drying er bygget til højviskositet medier. Teoretisk er dette kompatibel med pastaen. Danish Marine Protein investeret i denne type tørring og mener at den med justering og flere test, vil kunne køre proteinpastaen over en længere periode.

Delkonklusion

For at opnå det ønskede kontinuerlig flow er det nødvendigt at kende rengøringsintervallerne for hver proces. Mælkesyreproduktionen kan planlægges og forberedes til sådan en grad at denne ikke påvirker en kontinuerlig flow. Det kræver parallel fermenterings tankdrift, da opstart og fermenteringen af mælkesyrebakterierne tager henholdsvis fem og seks timer for decentral og central fabrik. Det ugentlige rengøringsinterval for fermenterings tankene kræver også paralleldrif.

Intervallet for dekanteren kendes ikke med sikkerhed. Et interval sammenlignelig med ærteprotein, betyder rengøring hver 4. time og kræver om paralleldrif for et kontinuerligt flow. En rengøringsproces tager 1 – 2 timer. Hvis intervallet derimod er en uges drift for grønsaften, kan der overvejes en rengørings synkronisering med fermenteringen. Dette betyder dog stilstand for hele fabrikken i flere timer alt efter størrelsen på produktionen af mælkesyren.

Alfa Laval har anslået et interval for varmeveksleren på 3 – 4 timer. Dermed er en paralleldrif uundgåelig, hvis et længer varende kontinuerligt flow skal foregå. Det bliver anbefalet pladevarmeveksler med wide gab teknologien fra Alfa Laval.

Kapacitetskrav

Grønsaft

Der tages udgangspunkt i to kapacitetopstillinger. En centralløsning med kapacitet på 120 tons græs i timen og en decentral med 40 tons græs i timen. Men viden om at fordelingen på pressekagen samt saften er henholdsvis 40% og 60% ved vi at mængden for grønsaften vil være 24 t/h eller 72 t/h.

Massefylden på grønsaften kendes ikke men der tages udgangspunkt i 1 tons tilsvare 1 m³.

Med antages af et hyppigt rengøringsinterval, worst case, og dermed nødvendigheden for paralleldrift, bliver løsningsforslagene opstillet på baggrund af dette. Efterfølgende vil dette afsnit samt økonomiafsnittet redegøre for den betydning for rengøringsintervallet

Fermentering

Til fermentering er der opstillet en central- og decentralløsning.

Central

Gæringstankene på den centrale løsning er af store dimensioner med op til syv meters højde og stiller krav til installationslokation. Tankene kan gøres lavere men betyder færre mulige leverandør, da diameter overstiger 3,5-4 meter. For at holde de fysiske størrelser på et fornuftigt niveau, vælges der tre stk. 72 m³ gæringstanke. To stk. vil altid være i drift, hver med et flow på 36 m³/h. Den tredje tank vil tages i brug når skal foretages CIP på en af de andre to tanke. Mælkesyren bliver produceret og leveret direkte fra et parallelliggende laboratorium og tanke.

Decentral

Produktion af mælkesyren vil kun foretages ved en af decentrale fabrikker, grundet bl.a. økonomiske aspekter. Det vil derfor være nødvendigt med logistik til to fabrikker. Pauli Keil oplyser at transport af mælkesyren ikke er testet og er usikker på stabiliteten ved en transport.

Som tidligere nævnt regnes der med ca. en uges drift og derefter rengøring. Med seks idriftsatte tanke forekommer der seks rengøringer pr. uge. Ved at synkronisere rengøringen på en enkelt tank fra alle tre decentrale fabrikker, skal der produceres mælkesyre to gange i ugen. Hver gang med en mængde der kan dække opstart af tre stk. 36 m³ tanke.

Hvis en transport af mælkesyren viser sig ikke at være muligt, kan det blive nødvendigt med transport.

Varmebehandling - Pladevarmeveksler

Et kontinuerligt flow er nødvendigt og derfor kræves der som minimum to parallelle vekslere, hver med nok kapacitet til at køre enten 24 m³/h eller 72 m³/h alt efter fabriksløsning.

Alfa Laval oplyser at en veksler med en kapacitet på 72 m³/h kræver 5,5 – 6 meters længde til installationsplads. En 24 m³/h veksler måler 4 – 4,5 meter. Til opvarmning af vekslerne, skal der bruges en energikilde.

Energikilde

Der henvises til de efterfølgende grafiske procesoversig til forståelse af dette afsnit.

Energiressource til opvarmning kan findes i flere typer. Der er valgt at kigge på naturgaskedlen fra Verdo Energy. De kan levere en komplet container løsning.

Der regnes med den øvre brændstovfærdi for naturgas som varierer efter geografisk levering. Udgangspunktet bliver 43,82 MJ/m³ som svare til 12,17 kWh/m³.

Ud fra tilsendt data fra Alfa Laval skal der bruges henholdsvis 5,8MW og 1,87MW varmt vand til opvarmning af henholdsvis 72m³/h og 24m³/h grønsaft til de ønskede 80°C.

Hvis brunsaften genanvendes som forvarmer tidligere nævnt, kan man teoretisk reducere energibehovet til ca. 2,6MW og 0,86MW. Energireduktionen er stort men kræver endnu et sæt pladevarmevekslere til parallel drift til opvarmning. Dette betyder højere indkøbsbudget på pladevarmevekslere, men der vil ligge en stor besparelse på kedelkapaciteten samt driftsmæssige omkostninger.

Geografisk Placering – Biogasanlæg overskudsvarme

Overskudsvarme fra et biogasanlæg kunne dække energibehovet fra varmevekslerne ved en centralløsning. Med særlig tilladelse vil overskudsvarmen kunne indkøbes til den mere fordelagtig pris end den der opnås via naturgaskedlen.

En anden fordel ved løsningen er nødvendigheden af kedelstørrelsen. Hvis det antages at overskudsvarmen kan leveres et kontinuerligt og tilstrækkeligt flow, er der behov for en langt mindre energikilde for fleksibilitet. Det antages at overskudsvarmen kan ledes ind i varmevekslere som allerede er nødvendig ved egen varmeproduktion. Dermed vil en overskudsvarme ikke kræve yderligere indkøb af varmevekslere. Placeringen skal dog passe med nærtliggende markarealer med passende græs.

Dekanter Centrifugen

Der ønskes en centrifuge løsning som kan påtage 24 eller 72 m³/timen kontinuerligt. Det er oplagt at tage 2 stk. 24 m³/timen for den decentrale løsnings når der antages ofte rengøringsinterval. For den centrale oplyser Alfa Laval af GEA at en dekanter centrifuge med grønsaft kapacitet på 72 m³ sandsynligvis er af meget stor størrelse. Der er mulighed for at køre med 3 stk. 36 m³/timen dekanter og dermed nedsætte komponentstørrelsen. For central fabrik løsningerne vælges der at fortsætte med 3 stk. 36 m³/timen.

Tørring

Det største spray drying anlæg fra Sanovo kan tage omkring 4tons i timen og koster ca. 2.6 mil. Størrelsen på anlægget er ca. 22 meter lang 15 meter bred og 9 meter høj.

Spin Flash anlægget hos Danish Marine protein har en kapacitet på 5tons med TS % på 25.

Ved de decentrale græsprotein fabrikker er proteinpasta produktion på 4 tons/h og 12/h ved den centrale. Delkonklusion

Grønsaften har et flow på 72 m³/h ved central fabrik og 24 m³/h ved decentrale fabrikker. For centralløsningen med fermentering er det nødvendig at opdele de store fermenteringstanke i tre 36 m³/h tanke frem for blot to grundet fysisk størrelse. Mælkesyren vil blive produceret lokalt.

Ved en decentral fermenterings fabrik skal mælkesyre transporteres hvis produktionen skal holdes til en lokation. Ved at synkronisere alle decentrale fabrikker i forbindelse med en tankrengøring kan mælkesyreproduktionen begrænses til engang om ugen. Transporten er ikke efterprøvet og er usikker ifølge Pauli Keil.

For en varmebehandling kræves der paralleldrift af varmevekslere ved begge fabrikløsninger, da CIP intervallet er på hver 4. time. Kapaciteterne vil være 24 m³/h eller 72 m³/h.

Til opvarmning er der kigget på naturgaskedlen. Ved at genbruge brunsaftens overskudsvarme kræves der et reduceret energibehov til at opvarme grønsaften til 80°C. Med genanvendelsen kræves der ~1,65 MW ved central og ~0,7MW ved decentral.

Genanvendelsen kræver et ekstra sæt varmevekslere men reducere kapacitetskravet for kedel samt driftsomkostninger.

Ved at placere den centrale fabrik ved siden af en overskudsvarmekilde, fx et biogasanlæg, som ikke er pålagt overskudsvarme afgift, kan der nås endnu en reduktion i egen varmeproduktion. Dermed kan krævet for kedelkapaciteten ligeledes reduceres til en størrelse hvor den giver fleksibilitet.

Der vælges ikke at kigge nærmere på spray drying da alternativet er mere fordelagtig for proteinpastaen.

Spin Flash anlægget hos Danish Marine Protein har nok kapacitet til at håndtere en decentral produktion, hvis anlægget kan påtage sig proteinpasta konsistensen.

Kapacitetsløsninger

Løsninger for central fabrik og decentrale fabrikker med varmebehandling eller fermentering vil blive præsenteret i følgende afsnit.

Hver løsning har tre afsnit.

- Fordele og ulemper.
- Liste af nødvendigt procesudstyr.
- Grafisk procesoversigt for løsningsforslag

Disse følgende fire løsningsforslag vil blive beskrevet ved.

- Central Fermentering
- Decentral Fermentering
- Central Varmebehandling
- Decentral Varmebehandling

Central Fermentering løsningsforslag

En samlet løsning med centralt laboratorium til mælkesyreproduktion. Løsningen har kendetegn af store gæringstanke og et stort output fra dekanteren.

Den centrale samling mulighed geografisk placering og etablering hos nærtliggende biogasanlæg og dermed tage fordel af fx overskudsvarme, brunsaft distribution til biogasanlæg mm.

Fordele

Fermentering

- Foderproduktet med forebyggende effekt mod angreb af sygdomsfremkaldende bakterier
- Funktionelt protein (brugbart til fødevareindustrien)
- Overkommeligt energiforbrug for gæringstankene kontra en varmebehandling
- Ingen kedel indkøb

Placering og etablering

- Mulighed for geografisk lokation nær biogasanlæg (Overskudsvarme & Brunsaft)
- Central etablering og forsyning (EL, Varme)
- Central mælkesyreproduktion
- Færre ansatte end ved decentrale anlæg

Ulemper

Fermentering

- Høje procestanke
- Krav til personale til mælkesyreproduktion
- Produktion af mælkesyre er omfattende
- Lang opstartstid for gæringstanke

Placering og etablering

-

Central Fermentering procesudstysliste

Mælkesyre produktion

- 0,2 m³ Fermenter
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - Bundfalds omrører
 - Tryktank
 - Rengøringsystem
- 2 m³ gæringstank
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - Bundfalds omrører
 - Rengøringsystem

Fermentering

- 3 stk. 72 m³ gæringstanke
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - UV-Lys til væskeoverflade. (Skimmelvækst)
 - Isoleret
 - Bundfalds omrører
 - Rengøringsystem
- 2 stk. 36 m³ buffertanke
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - UV-Lys til væskeoverflade. (Skimmelvækst)
 - Isoleret
 - Bundfalds omrører
 - Rengøringsystem

Dekanter Centrifuge

- 3. stk. 36 m³/h
 - CIP

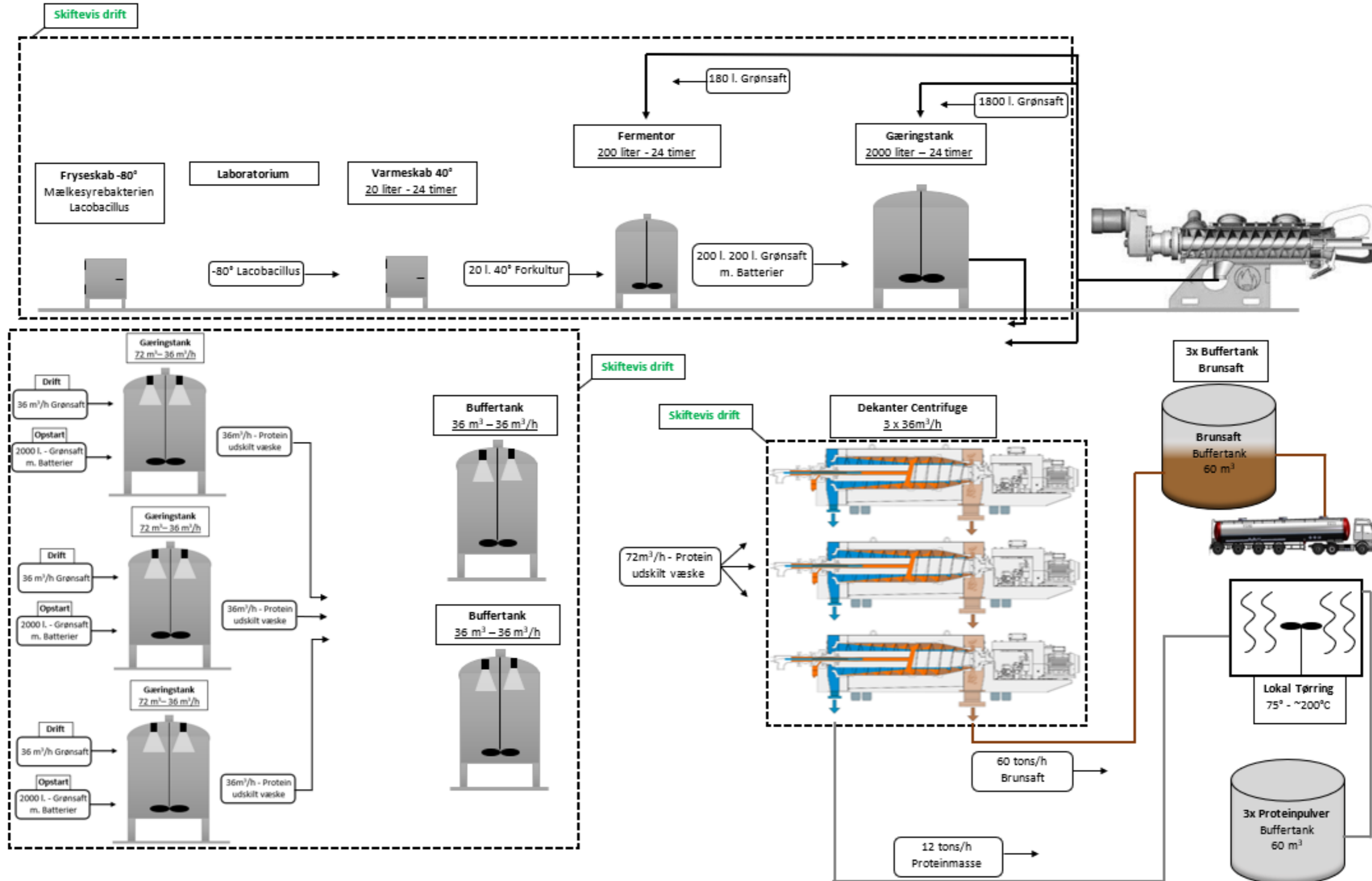
Buffertanke - Brunsaft

- 3 stk. 60 m³ buffertanke
 - Igen specifikke krav pt.

Tørring

- 1 stk. 4 m³/h Tørringsanlæg
 - 25% – 35% Tørstof funktionsdygtig

Fermentering - Central Løsning



Decentral Fermentering løsningsforslag

En central løsning med fermentering og med levering af mælkesyrebakterier fra et centralt laboratorium. Besværliggør geografisk placering og etablering hos nærtliggende biogasanlæg og dermed tage fordel af fx overskudsvarme, brunsaft distribution til biogasanlæg mm.

- **Fordele**

- **Fermentering**

- Foderproduktet vil have forebyggende effekt mod angreb af sygdomsfremkaldende bakterier
- Funktionelt protein (brugbart til fødevarerindustrien)
- Overkommeligt energiforbrug for gæringstankene kontra en varmebehandling
- Igen kedel indkøb

- **Placering og etablering**

- -

- **Ulemper**

- **Fermentering**

- Produktion af mælkesyre er omfattende
- Mælkesyren skal leveres med tankbil ved enhver opstart eller rengøring (En gang i ugen)
- Transport af syren er ikke efterprøvet
- Lang opstartstid for gæringstankene
- Flere ansatte end central

- **Placering og etablering**

- Etablering og forsyning (EL, Varme)
- Besværliggør geografiske lokation parallel med et biogasanlæg

Decentral Fermentering procesudstyrsliste

Mælkesyre produktion

- 0,2 m³ Fermenter
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - Bundfalds omrører
 - Tryktank
 - Rengøringssystem
- 2 m³ gæringstank
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - Bundfalds omrører
 - Rengøringssystem

Fermentering

- 2 stk. 48 m³ gæringstanke
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - UV-Lys til væskeoverflade. (Skimmelvækst)
 - Isoleret
 - Bundfalds omrører
 - Rengøringssystem
- 1 stk. 48 m³ buffertanke
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - UV-Lys til væskeoverflade. (Skimmelvækst)
 - Isoleret
 - Bundfalds omrører
 - Rengøringssystem

Dekanter Centrifuge

- 2 stk. 24 m³/h Dekanter - Alfa Laval STNX
 - CIP

Buffertank - Brunsaft

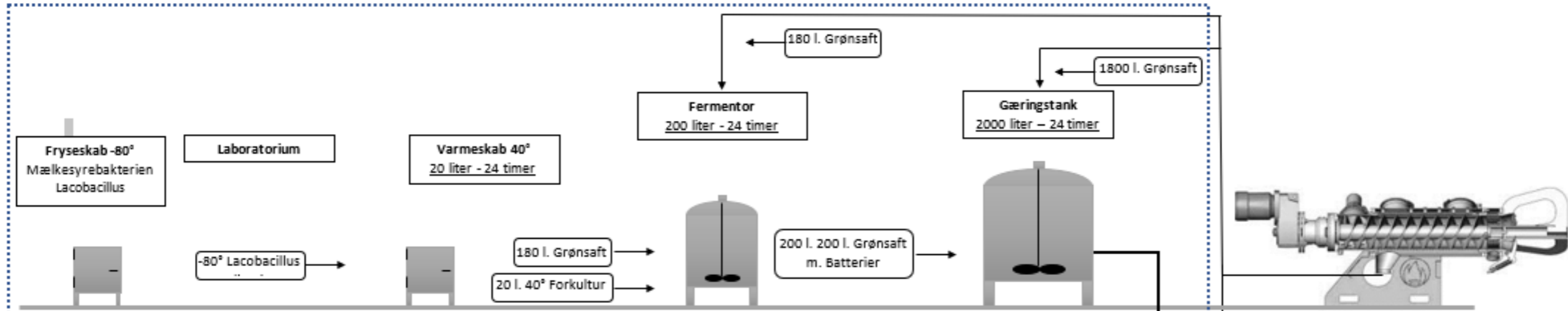
- 1 stk. 60 m³ buffertanke
 - Igen specifikke krav pt.

Tørring

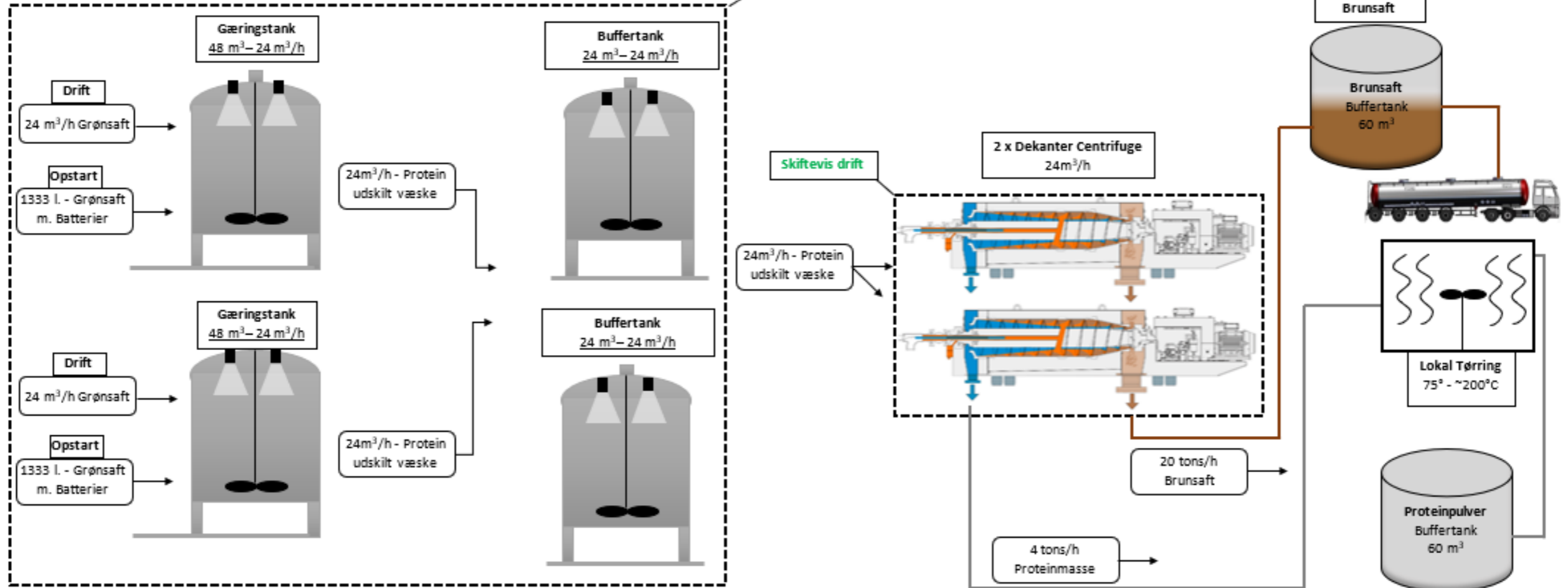
- 1 stk. 4 m³/h Tørringsanlæg
 - 25% – 35% Tørstof funktionsdygtig

Fermentering - Decentral Løsning

Centralt Laboratorium



3 x Decentrale Anlæg



Central Varmebehandling

En central løsning med varmebehandling som har kendetegn ved få og automatiseret processer med et højt energiforbrug. Ved opstart eller ikke planmæssigt nedbrud skal der bruges yderligere energi til opstart, indtil en fuld proces er kørende. Varmebehandlingen giver et ikke funktionelt protein og fødevarerindustrien er derfor udelukket.

Mulighed for geografisk placering og etablering hos nærtliggende biogasanlæg og dermed tage fordel af f.eks. overskudsvarme, brunsaft distribution til biogasanlæg mm.

- **Fordele**

- **Varmebehandling**

- Færre processer med mulighed for automatisering
- Kontrolleret og stabil proces
- Færre ansatte end decentral
- Nemmere behandlingsproces for dekanter centrifugen

- **Placering og etablering**

- Central etablering og forsyning (EL, Varme)
- Mulighed for geografisk lokation nær biogasanlæg (Overskudsvarme & Brunsaft)

- **Ulemper**

- **Varmebehandling**

- Foder produktet vil ikke have forebyggende effekt mod angreb af sygdomsfremkaldende bakterier
- Ikke funktionelt protein

- **Placering og etablering**

- Stort energibehov
- Ved et nedbrud og opstart kræves der mere energi end etableret.

Central Varmeveksler procesudstysliste

Varmeveksler

- 2 stk. 72 m³/h Pladevarmeveksler – Alfa Laval WideGap100S-FG
 - CIP

Varmeveksler til overskudsvarme

- 2 stk. 72 m³/h Pladevarmeveksler – Alfa Laval WideGap100S-FG
 - CIP

Buffertanke til Dekanter

- 2 stk. 36 m³ gæringstanke
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - UV-Lys til væskeoverflade. (Skimmelvækst)
 - Isoleret
 - Bundfalds omrører
 - Rengøringsystem

Dekanter Centrifuge

- 2 stk. 72 m³/h Dekanter eller 3. stk. 36 m³/h Alfa Laval STNX
 - CIP

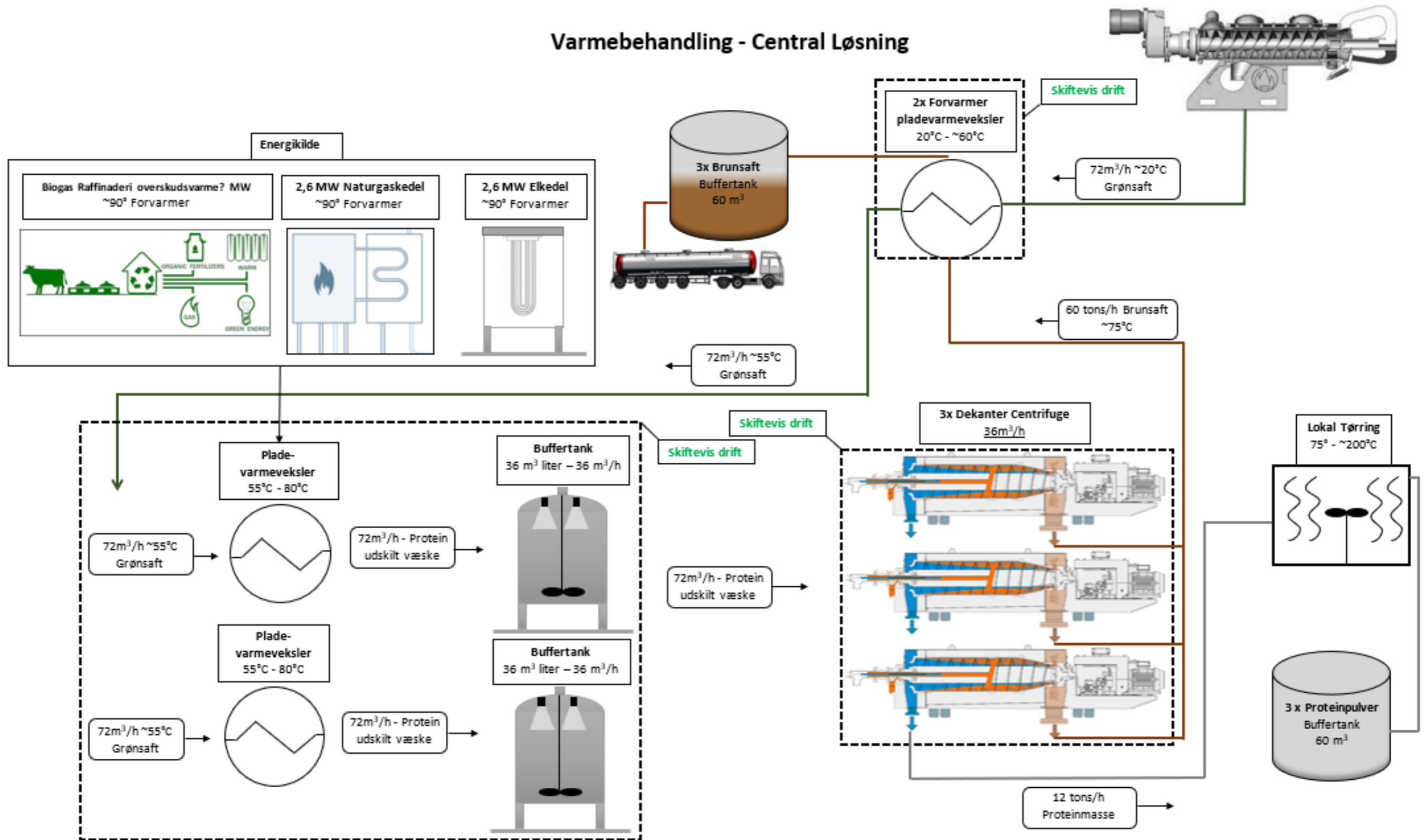
Buffertank - Brunsaft

- 3 stk. 60 m³ buffertanke
 - Igen specifikke krav

Tørring

- 1 stk. 12 m³/h Tørringsanlæg
 - 25% – 35% Tørstof funktionsdygtig

Varmebehandling - Central Løsning



Decentral Varmebehandling

En decentral løsning med varmebehandling som har kendetegn ved få og automatiseret processer med et højt energiforbrug. Ved opstart eller ikke planmæssigt nedbrud skal der bruges yderligere energi til opstart, indtil en fuld proces er kørende. Varmebehandlingen giver et ikke funktionelt protein og fødevarerindustrien er derfor udelukket.

Besværliggør geografisk placering og etablering hos nærtliggende biogasanlæg og dermed tage fordel af fx overskudsvarme, brunsaft distribution til biogasanlæg mm.

- **Fordele**

- **Varmebehandling**

- Færre processer med mulighed for automatisering
- Kontrolleret og stabil proces
- Nemmere behandlingsproces for dekanter centrifugen

- **Placering og etablering**

- -

- **Ulemper**

- **Varmebehandling**

- Foder produktet vil ikke have forebyggende effekt mod angreb af sygdomsfremkaldende bakterier
- Ikke funktionelt protein

- **Placering og etablering**

- Stort energibehov
- Ved et nedbrud og opstart kræves der mere energi end etableret.
- Store indkøbsomkostninger
- Ikke funktionelt protein (brugbart til fødevarerindustrien)

Decentral Varmebehandling procesudstyr liste

Varmeveksler

- 2 stk. 72 m³/h Pladevarmeveksler – Alfa Laval WideGap100S-FG
 - CIP

Varmeveksler til overskudsvarme

- 2 stk. 72 m³/h Pladevarmeveksler – Alfa Laval WideGap100S-FG
 - CIP

Buffertanke til Dekanter

- 2 stk. 36 m³ gæringstanke
 - Varmekontrollerende 35-40°
 - pH føler
 - Temp. Føler
 - UV-Lys til væskeoverflade. (Skimmelvækst)
 - Isoleret
 - Bundfalds omrører
 - Rengøringsystem

Dekanter Centrifuge

- 2 stk. 72 m³/h Dekanter eller 3. stk. 36 m³/h Alfa Laval STNX
 - CIP

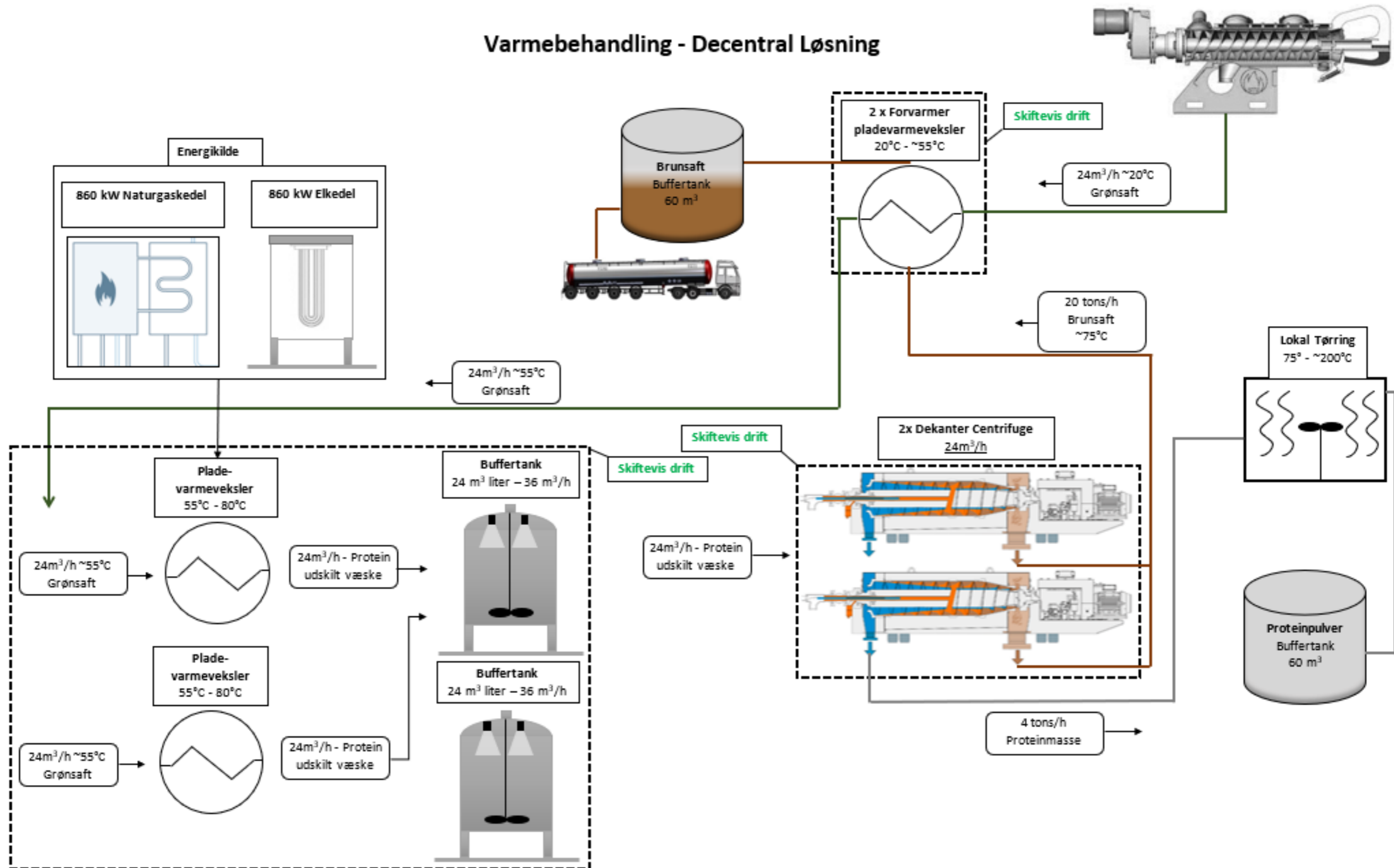
Buffertank - Brunsaft

- 3 stk. 60 m³ buffertanke
 - Igen specifikke krav

Tørring

- 1 stk. 4 m³/h Tørringsanlæg
 - 25% – 35% Tørstof funktionsdygtig

Varmebehandling - Decentral Løsning



Delkonklusion

De fire løsningsforslag har alle betydelige fordele og ulemper. Nogle er kendte, andre er usikre grundet manglende efterprøvning.

Fermenteringsprocessen giver det bedste foder men har den mest kompliceret og usikre metode. Det vides endnu ikke om transporten af mælkesyrebaktier er holdbart og dermed er den decentrale løsning meget usikker. Varmebehandlingen har styrker som automatiseringsmuligheder, få processer og gør grønsaften nemt bearbejdeligt for dekanter centrifugen. Den er mindre attraktiv grundet det store varmeforbrug ved opstart og drift. Via varmebehandlingen bliver proteinet ikke funktionelt, og er dermed kun brugbart i dyrefoder.

Usikkerheder, teorier og uafklaret spørgsmål.

Usikkerheder og antagelser

Dekanter Centrifuge

CIP interval for dekanter kendes ikke da der ikke findes data på optimal kontinuerlig kørsel med grønsaft. CIP intervallet har stor betydning for etableringsomkostningerne.

Ved en skaleret test med grønsaft hos en leverandør vil dekanteren blive optimeret og sikre at dekanteren får CIP intervallet korrekt.

Fermentering

Det er usikkert hvorvidt fermenteringen giver en dårligere protein capture rate for dekanteren. Emnet er blevet omtalt men resultater der påviser dette er ikke tilgængelig.

Tørring

Det er uvist om et tørringsanlæg tilgængelig på markedet i dag kan påtage tørringen af proteinpastaen. En skalatest hos forskellige producenter vil give større klarhed.

Konklusion og valg af løsningsforslag

Konklusion

Testanlæg i Foulum har bevist at der kan produceres en brugbar proteinmasse ud af grønsaft. Til udfældning af proteinmassen er der blandt andet anvendt Fermentering med mælkesyre og en dekanter centrifuge. Mælkesyren kræver ca. 4 dages forberedelse i form af flere processer. Når bakterieniveauet er tilstrækkeligt, kan der køre men et kontinuerlig flow fra fermenteringstanken. Testforløbet i Nybro viste at der uden omrøring i tanken, kan opstå bundfald. Rengøringsintervallet er usikkert men kan foreløbig antages til at være en gang om ugen.

Til at adskille brunsaft og proteinpasta benyttes der en dekanter centrifuge. For at bestemme centrifugens kapacitet skal massefylde kendes på de ønskede adskilte produkter.

Rengøringsintervallet kan ikke vides før en test men biomassen er foretaget. Nuværende drift med udvinding af kartoffelprotein og sojaprotein har stor forskel på rengøringsintervallet.

Både fermentering og varmebehandling af grønsaften har hver deres styrker og svagheder. Varmebehandlingen giver et ikke funktionelt proteinprodukt men kræver derimod færre processer end fermentering. Ud over flere processer, kræver fermenteringen også kompetent personale og et større areal. Derimod vil proteinet være funktionelt og samtidig kunne opnå gode egenskaber i foderet i form af en forebyggende effekt overfor angreb af sygdomsfremkaldende bakterier.

Pastaen kan på nuværende tidspunkt ikke betragtes som et endeligt produkt og en tørringsproces for at få et brugbart blandingsprodukt er derfor nødvendigt.

En tørringsproces burde umildbart foregå lokalt, da alternativet medføre større omkostninger langsigtet.

Brunsaften er en udfordring da værdien er meget lav og mængden er stor. Dette betyder store udgifter i form af afsættelse hvis alternative aftaler med fx et biogasanlæg ikke kan opnås. Selv med en aftale er det utænkelig at hele mængden af brunsaften kan afsættes til et enkelt anlæg og dermed er flere aftaler nødvendig.

For at opnå det ønskede kontinuerlig flow er det nødvendigt at kende rengøringsintervallerne for hver proces. Mælkesyreproduktionen kan planlægges og forberedes til sådan en grad at denne ikke påvirker en kontinuerlig flow. Det kræver parallel fermenterings tankdrift, da opstart og fermenteringen af mælkesyrebakterierne tager henholdsvis fem og seks timer for decentral og central fabrik. Det ugentlige rengøringsinterval for fermenterings tankene kræver også paralleldrif.

Intervallet for dekanteren kendes ikke med sikkerhed. Et interval sammenlignelig med ærteprotein, betyder rengøring hver 4. time og kræver om paralleldrif for et kontinuerligt flow. En rengøringsproces tager 1 – 2 timer.

Hvis intervallet derimod er en uges drift for grønsaften, kan der overvejes en rengørings synkronisering med fermenteringen. Dette betyder dog stilstand for hele fabrikken i flere timer alt efter størrelsen på produktionen af mælkesyren.

Alfa Laval har anslået et interval for varmeveksleren på 3 – 4 timer. Dermed er en paralleldrif uundgåelig, hvis et længerevarende kontinuerligt flow skal foregå. Der bliver anbefalet pladevarmeveksler med wide gab teknologien fra Alfa Laval.

Grønsaften har et flow på 72 m³/h ved central fabrik og 24 m³/h ved centrale fabrikker. For centralløsningen med fermentering er det nødvendig at opdele de store fermenteringstanke i tre 36 m³/h tanke frem for blot to grundet fysisk størrelse. Mælkesyren vil blive produceret lokalt.

Ved en decentral fermenteringsfabrik skal mælkesyre transporteres hvis produktionen skal holdes til én lokation. Ved at synkronisere alle centrale fabrikker i forbindelse med en tankrengøring kan mælkesyreproduktionen begrænses til en gang om ugen. Transporten er ikke efterprøvet og er usikker.

For en varmebehandling kræves der paralleldrift af varmevekslere ved begge fabriksløsninger, da CIP intervallet er på hver 4. time. Kapaciteterne vil være 24 m³/h eller 72 m³/h.

Til opvarmning er der kigget på naturgaskedlen. Ved at genbruge brunsaftens overskudsvarme kræves der et reduceret energibehov til at opvarme grønsaften til 80°C. Med genanvendelsen kræves der ~1,65 MW ved central og ~0,7MW ved decentral.

Genanvendelsen kræver et ekstra sæt varmevekslere men reducere kapacitetskravet for kedel samt driftsomkostninger.

Ved at placere den centrale fabrik ved siden af en overskudsvarmekilde, f.eks. et biogasanlæg, som ikke er pålagt overskudsvarme afgift, kan der nås endnu en reduktion i egen varmeproduktion. Dermed kan krævet for kedelkapaciteten ligeledes reduceres til en størrelse hvor den giver fleksibilitet.

Der vælges ikke at kigge nærmere på spray drying da alternativet er mere fordelagtig for proteinpastaen. Spin Flash anlægget hos Danish Marine Protein har nok kapacitet til at håndtere en decentral produktion.

De fire løsningsforslag har begge betydelige fordele og ulemper. Nogle er kendte, andre er usikre grundet manglende efterprøvning.

Fermenteringsprocessen giver det bedste foder men har den mest kompliceret og usikker metode. Det vides endnu ikke om transporten af mælkesyrebaktier er holdbart og dermed er den decentrale løsning meget usikker. Varmbehandlingen har styrker som automatiseringsmuligheder, få processer og gør grønsaften nemt bearbejdeligt for dekanter centrifugen. Den er mindre attraktiv grundet det store varmeforbrug ved opstart og drift. Via varmebehandlingen bliver proteinet ikke funktionelt, og er dermed kun brugbart i dyrefoder.

Løsningsforslag valg

Der er stadig flere ukendte faktorer som har stor indflydelse på løsningsforslagene. Det er dermed ikke muligt at vælge den mest optimale fabriksløsning uden at antage flere faktorer.

Den centrale løsning vil være mest fordelagtig på mange områder. Muligheden for placering nær et biogasanlæg vil være muligt. Da produktionen kun er 21 uger om året, vil det være fordelagtigt at finde samarbejdspartner hvor man sammen kan udnytte produktionsudstyret til en årlig produktion.

Hvis det antages at dekanter centrifugen skal rengøres en gang i ugen, anbefales det at lave den første centrale kapacitet derefter. Besparelsen er stor ved første investering og nedetiden er forholdsvis kort. Efterfølgende vil der være mulighed for at tilkøbe flere anlæg og dermed køre parallel og døgndrift.

Det har ikke været muligt at finde det klare valg mellem en Varmebehandling eller Fermentering. Fermenteringen kan dog blive en billigere investering hvis ugedrift er muligt. Samtidig vil udendørs procestanke frem for indendørs, hvilket kunne reducere budgettet yderligere.

Tørringsprossen er ikke mulig at afklare grundet manglende kendskab til en større tørringsdrift af proteinpasta. Leverandørerne kan ikke give konkrete bud på løsninger og priser men henviser i stedet til en batch test igennem deres testanlæg.

Usikkerheden på overstående er kritisk da tørringsprocessen er en vigtig og forventet omkostelig proces for proteinpulver produktionen.



Referencelister, firmaer og personer.

SiccaDania A/S

Steen Simonsen

24 23 44 63

steen.simonsen@siccadania.com

Pilehøj 18

3460 Birkerød

Biotest Aps

Pauli Kiel

+45 21 77 62 24

pauli.kiel@bio-test.dk

Svinøvej 39, Gamborg

5500 Middelfart

AU Ingenørvidenskab

Morten Ambye-Jensen

93 50 80 09

maj@eng.au.dk

Hangøvej 2

8200 Aarhus N

SEGES

Erik Fog – Lars Villadsgaard Toft

5180 8669

erf@seg.es.dk

Agro Food Park 15, 8200 Aarhus N

GEA

Richard Logstrup

+45 51551283

Richard.logstrup@gea.com

Skanderborg

Verdo Energy

Mark Møller Lange

+4520676329

maml@verdo.com

Ikast

