



**BALTIC
COMPASS**

Part-financed by the European Union (European Regional Development Fund and European Neighbourhood and Partnership Instrument)



Baltic Sea Region
Programme 2007-2013



EKSTRUDERING AF FAST PLANTEBIOMASSE

Teknologi, som kan bidrage til en bæredygtig og rentabel biogasproduktion

Ekstrudering af fast plantebiomasse

Teknologi, som kan bidrage til en bæredygtig og rentabel biogasproduktion

Publiceret af Agro Business Park A/S, Niels Pedersens Allé 2, DK-8830 Tjele, www.agropark.dk

Forside Ekstruder, som er opstillet ved AU Foulums biogasanlæg. Foto: Henning Lyngsø Foged.

Bagside Rundballer med fortørret enggræs fra Nørreådal, som skal rives op og ekstruderes før de fødes ind i AU Foulums biogasanlæg. Foto: Henning Lyngsø Foged.

Forfattere Henning Lyngsø Foged, Agro Business Park, samt Mogens Møller Hansen og Henrik B. Møller, AU Foulum.

Review Michael Tersbøl, Økologisk Landsforening, som også har bidraget med fotos.

Dato November 2012

Denne pjece er medfinansieret af EU's Østersøprogram, og udarbejdet af Agro Business Park og AU Foulum i regi af Baltic Compass.

Baltic Compass er et strategisk projekt, som arbejder for at fostre løsninger til gavn for landbrug og miljø i Østersøregionen.

Projektets 22 partnere repræsenterer nationale myndigheder, interesseorganisationer, videnskabelige institutter og innovationscentre fra landene i Østersøområdet. Læs mere på <http://www.balticcompass.org>.



Part-financed by the European Union
European Regional Development Fund

Ekstrudering giver fast plantebiomasse gode egenskaber til sam-forgæring med gylle

>> Det væsentligste substrat i biogasanlæg er gylle, som normalt udgør den væsentligste del af den biomasse, som indføres i biogasanlæg. Det er imidlertid afgørende for en rentabel biogasproduktion, at energiindholdet i den organiske del af biomassen, som indføres er så høj som muligt. Normalt kan man pumpe med flydende biomasse op til et indhold på 12,5 % tørstof, og det er væsentligt mere end gylles typiske indhold af tørstof på 4 - 9 %. Fast plantebiomasse som enggræs og dybstrøelse kan bringe tørstofprocenten op, og ved at forbehandle det med ekstrudering opnår man at det bidrager markant mere til biogasproduktionen, og ikke skaber problemer ved forgæringen.

Anaerob forgæring af husdyrgødning er en teknologi, som indebærer en række fordele for vandmiljøet, klimaet og fødevarerens sikkerhed. Da gylle fra kvæg og svin med kun 4 – 9 % tørstof (se Tabel 1) udgør langt den største del af husdyrgødningen er det imidlertid vanskeligt at lave en rentabel biogasproduktion; de 91 – 96 % vand i gyllen gør biogasproduktionen lav i forhold til investeringsudgifter i opbevaring og omkostninger til opvarmning, omrøring og pumpning.

TYPISK KVALITET AF SVINE- OG KVÆGGYLLE (GNS. FRA AGRO-TECHNOLOGY-ATLAS.EU).

	% tørstof	Kg N / ton	Kg NH4+-N / ton	Kg P / ton
Kvæggylle	8,93	4,06	2,33	0,89
Svinegylle	5,48	4,53	2,98	1,22

Rentabel biogasproduktion forudsætter at gyllen blandes med mere tørstofrige substrater, sådan at tørstoffet i den indførte biomasse når op på 10 - 12 %, idet man normalt ikke kan pumpe væsker med mere end 12,5 % tørstof.

Når man vælger det eller de substrater man vil anvende til sam-forgæring, så er specielt tre ting væsentlige:

- Biogaspotential
- Prisen
- Bæredygtighedskriterier

Affaldsprodukter fra fx fødevarerforarbejdning er velegnede til sam-forgæring, men mængderne er begrænsede, og nye biogasanlæg har svært ved at finde denne slags organiske affaldsprodukter, som de kan købe.

Anvendelse af afgrøder som majs har fået en vis udbredelse og giver et godt biogasudbytte. Ulempen er at disse afgrøder i forhold til affald har en høj pris, som desuden er følsom overfor kornprisen. Desuden beskyldes afgrøderne for at beslaglægge jord, som ellers ville kunne være anvendt til dyrkning af fødevarer. I både Danmark og Tyskland er det besluttet at indføre regler for at begrænse anvendelsen af majs til biogasproduktion.

Den generelle holdning er at biogas skal produceres på biprodukter og affaldsstoffer. I denne forbindelse er det interessant, hvis man kunne øge gyllens tørstofprocent med dybstrøelse, græs fra naturarealer og halm. Disse biomasser bliver der pga. ændrede produktionssystemer i landbruget mere og mere af, de er gratis ud over omkostninger til håndtering. Denne pjece fortæller, hvordan man med ekstrudering kan øge deres egnethed og potentiale til biogasproduktion.



KLØVERGRÆSENSILAGE FØR (TIL HØJRE) OG EFTER (TIL VENSTRE) EKSTRUDERING. FOTO: MICHAEL TERSBØL.

Muligheden for at anvende fast plantebiomasse i biogasanlæg har mange fordele

>> Ekstrudering af græs fra naturarealer eller af dybstrøelse øger disse biomassers biogaspotentialer med ca. 30 % ved kort opholdstid, men indebærer desuden en række andre fordele: Det kan medvirke til at begrænse næringsstoffers udvaskning til vandmiljøet, det kan fremme vækst af den økologiske produktion af specielt vegetabiliske fødevarer, det kan danne basis for en mere afbalanceret indfødningsplan samt en superoptimering for biogasanlæg. Her ud over er det et væsentligt forhold, at ekstrudering gør det muligt at anvende faste biomasser, som er gratis, ud over håndteringsomkostningerne.

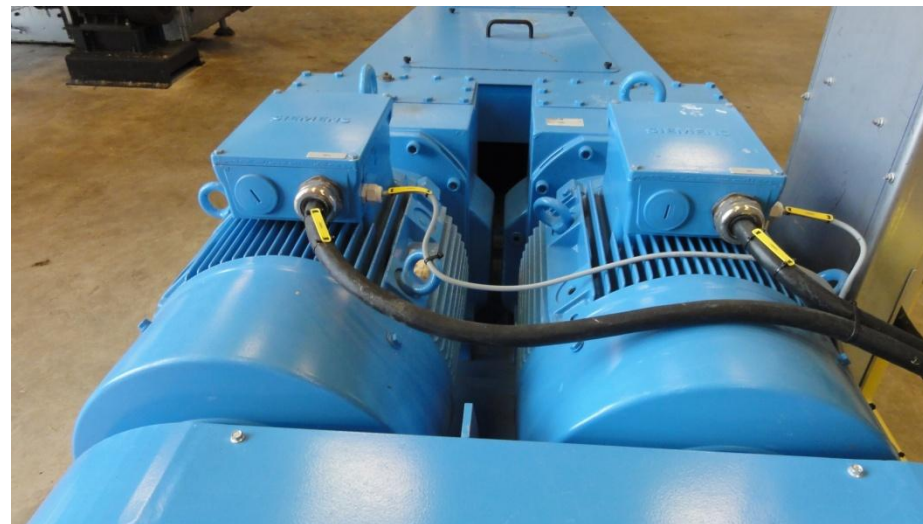
Øget biogasproduktion

Den helt væsentlige fordel ved ekstrudering er at man kan indføde og håndtere fast biomasse i et vådforgæringsanlæg, foruden at man opnår væsentligt højere biogasudbytte af den ekstruderede faste biomasse – se nedenfor.



VED EKSTRUDERING AF DYBSTRØELSE MED HØJT INDHOLD AF HALM OPNÅR MAN AT DETS BIOGASPOTENTIALE ØGES MED CA. 30 % VED KORT OPHOLDSTID, OG SAMTIDIG ELIMINERES DE TYPISKE HÅNTERINGSMÆSSIGE PROBLEMER VED ANVENDELSE AF DYBSTRØELSE TIL BIOGASPRODUKTION.

Ekstrudering er en teknologi, som ellers kendes fra foderproduktion, hvor den benyttes til at øge fordøjeligheden af næringsstofferne.



EKSTRUDERING ER EN MEGET VOLDSOM MEKANISK PÅVIRKNING, DER SKER MELLEM TO VALSER, HVER MED EN STOR MOTOR FOR ENDEN, SOM DREJER MOD HINANDEN. EKSTRUDERINGEN ÅBNER CELLESTRUKTURER MED HØJT INDHOLD AF LIGNIN.

Re-cirkulering af næringsstoffer

Vedvarende græsarealer anvendtes tidligere til afgræsning af kreaturer, får og heste, men tendensen går imod mindre afgræsning af malkekvæg i lande som Danmark, der endnu ikke har indført krav om afgræsning af dyrevelfærdsmæssige årsager.

Af denne årsag ser man oftere og oftere at de vedvarende græsarealer ligger ubenyttet hen, idet der dog er krav om at de holdes i god landbrugs- og miljømæssig stand, hvilket betyder at bevoksningen skal slås af mindst en gang om året.

I Danmark omfatter landbrugsarealet kun omkring 10 % vedvarende græs, mens det for EU som helhed udgør op mod halvdelen af arealet. En stor del af arealerne er typiske engarealer, dvs. arealer der grænser op til vandløb, søer eller havet, i tæt forbindelse med vandmiljøet.



Vedvarende græsarealer, som ligger i forbindelse med vand, afgiver de næringsstoffer som findes på arealerne til vandløbene når plantemassen forvitres om vinteren, uanset om disse næringsstoffer kan føres tilbage til landbruget.

Plantemassen fra 1 ha med vedvarende græs vil typisk indeholde 150 kg N og 15 kg P per ha. Hvis man kan høste disse arealer og anvende dem til biogasproduktion opnår man altså, at man recirkulere næringsstoffer, som ellers kunne være tabt til skade for vandmiljøet.



UUDNYTTEDE AREALER MED VEDVARENDE GRÆS LIGGE OFTE I FORBINDELSE MED SØER ELLER VANDLØB.

Økologisk biogas

Siden reformen af den fælles landbrugspolitik i 1992 er antallet af økologiske bedrifter steget dramatisk i alle medlemsstater. Mere end 15 % af landbrugsarealet i Østrig og mere end 10 % i Sverige er nu økologisk drevet. Økologisk mælk betragtes som det mest succesfulde økologiske produkt,

men forbrugerne køber også vegetabiliske produkter i stor stil, fx grøntsager og cerealer.

For økologiske landbrug er det normalt sådan, at kvælstoffet er den mest begrænsende produktionsfaktor, idet man ikke anvender kunstgødning, og enhver form for økologisk fødevarerproduktion har hidtil været forbundet med egen produktion af husdyrgødning eller import af konventionel husdyrgødning.

Ved at indhøste bevoksningen på ellers uudnyttede vedvarende græsarealer, anvende det til biogasproduktion, og bruge forgæringsresten som gødning på markerne, kan man

- Forbedre vegetabilisk økologisk fødevarerproduktion uden husdyrhold;
- Blive selvforsynende med både energi og næringsstoffer, i tråd med de økologiske principper.

Ekstrudering af faste plantebiomasser kan med andre ord blive en væsentlig teknologi, som kan bidrage til en fortsat ekspansion af den økologiske produktion.



NÆRINGSSTOFFORSYNINGEN TIL ØKOLOGISK GRØNSAGSPRODUKTION KAN VED HJÆLP AF EKSTRUERUNG OG BIOFORGASNING BASERES PÅ HØST AF BEVOKSNINGEN PÅ UUDNYTTEDE ENGAREALER. FOTO: MICHAEL TERSBØL.

Afbalanceret indfødning i biogasanlæg

Optimal biogasproduktion baserer sig på en indfødningsplan, hvor næringsstofferne er så fordøjelige som muligt, og desuden afbalanceret i forhold til den mikrobiologisk baserede metandannelse.

En indfødningsplan baseret på flere forskellige biomasser giver som udgangspunkt en mere stabil biogasproduktion fordi næringsstofferne komplementerer hinanden; det som er i underskud i en biomasse er måske i overskud i en anden.

Et af de forhold som er væsentlige for biogasproduktionen er forholdet mellem kulstof og kvælstof, C:N-forholdet. Et optimalt C:N forhold ligger mellem 20 og 30, men i svinegylle, er det ofte lavere, og i kvæggylle ofte højere. I enggræs og dybstrøelse er der ofte et lavt C:N-forhold, og anvendelse af det sammen med svinegylle skal derfor ske i et omfang, der ikke øger C:N forholdet til mere end 30.

Superoptimering på biogasproduktionen

Som nævnt i foregående afsnit kan man ikke pumpe væsker med højere tørstofindhold end ca. 12,5 %, og biogassen produceres på basis af det organiske tørstof, hvilket gør at gærrestens tørstofindhold ofte er på ca. det halve, nemlig omkring 4-6 %.

Da man indfører den ekstruderede biomasse separat, og altså ikke behøver pumpe det ind i forgæringstanken, så kan man faktisk operere med større indhold af tørstof i forgæringstanke end normalt, hvilket medfører en højere biogasproduktion pr. m³ reaktortankvolumen og pr. døgn.

Ekstrudering muliggør anvendelse af biomasse uden alternativ værdi

De biomasser som man med fordel kan ekstrudere er ellers uudnyttede grøntafgrøder fra enge og andre vedvarende græsarealer, samt dybstrøelse.

Anvendelse af disse biomasser indebærer, ud over de andre nævnte fordele, at de ud over omkostninger til håndtering er gratis at anvende, da de ikke har nogen alternativ værdi. Dybstrøelse kan man dog tillægge en værdi som

husdyrgødning, men denne værdi bliver jo bare endnu højere ved ekstrudering og bioforgasning.

Ekstrudering er dermed en teknologi som udgør et attraktivt alternativ til anvendelse af fx majsensilage til at booste den gyllebaserede biogasproduktion med.



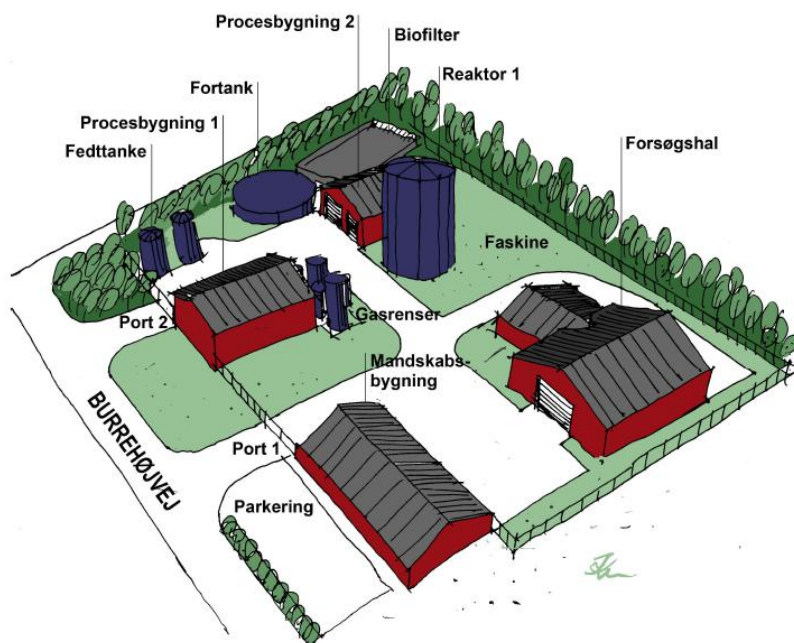
PÅ AU FOULUMS BIOGASANLÆG LÆSSES RUNDBALLER MED FORTØRRET ENGGGRÆS OP I BIO-MIKSEREN, SOM DEREFTER FØDER DET OVER I EKSTRUDEREN, HVORFRA DET FØDES IND I FORGÆRINGSTANKEN. UD OVER LÆSNINGEN, REGULERES PROCESSEN AUTOMATISK.

Pilotprojekt på AU Foulums biogasanlæg

>> Biogasanlægget på AU Foulum blev indviet i 2006. Det omfatter et anlæg i kommerciel størrelse, som behandler husdyrgødningen fra alle husdyr på forsøgsanlægget, en hal med 2 x 10 m³ og 2 x 30 m³ forgæringstanke til laboratorieforsøg i storskala, samt en række mini-anlæg med 125 liters forgæringstanke. Biogasanlægget danner på grund af dets konfiguration og de tilknyttede teams af biogas- og biomasse forskere et unikt grundlag for biogasforskning på højt niveau. Den installerede ekstruder udgør et af elementerne i en videreudvikling af biogasanlægget til at blive et egentligt bioraffinaderi.

AU Foulums biogasanlæg

AU Foulums biogasanlæg blev etableret i 2006 med henblik på at kunne udføre forskning i biogasproduktion på højt niveau.



SKEMATISK OVERSIGT OVER AU FOULUMS BIOGASANLÆG FØR OPSTILLING AF EKSTRUDEREN.

På figuren er Reaktor 1 en forgæringstank i kommerciel størrelse, Procesbygning 1 indeholder fire komplette biogasanlæg med forgæringstanke på 2 x 10 m³, henholdsvis 2 x 30 m³. Forsøgshallen indeholder et antal mikro-anlæg med forgæringstanke på 125 liter.

Biogasanlægget omfatter desuden i mandskabsbygningen et veludstyret laboratorium. Det unikke anlæg er derfor ideelt til gennemførelse af et væld af typer af udrådningsforsøg.

Videreudvikling til bioraffinaderi

AU Foulum ønsker imidlertid at videreudvikle anlægget til et egentligt bioraffinaderi, så man kan håndtere flere typer biomasser, give dem flere forskellige behandlinger, og raffinere og konvertere dem til flere forskellige produkter end blot biogas og gærrest.

Et af de mest presserende ønsker er at kunne ekstrudere biomasse som dybstrøelse samt græs fra enge og andre vedvarende græsarealer. Ønsket baserer sig på

- at kunne afkoble den stadig stigende økologiske produktion af vegetabiliske fødevarer fra økologisk husdyrhold og skaffe sig næringsstoffer til gødskning på anden vis;
- at arbejde for målsætninger om bæredygtighed i bioenergiproduktionen; og
- at støtte op om de politiske målsætninger om et biobaseret samfund.

Ekstruder-anlægget

Investeringen i ekstruder-anlægget omfatter ud over selve ekstruderen desuden en bio-mikser, som river rundballerne op og føder ekstruderen, samt transportbånd og snegle til at føde det ekstruderede materiale ind i forgæringstanken. Ekstruderen er placeret i en åben og uisoleret stålhal, og styresystemet og elforsyningen til den i et separat rum.



BIOMIXEREN TIL VENSTRE FØDER AUTOMATISK DEN OPREVNE BIOMASSE IND I EKSTRUDEREN, HVORFRA DET FØRES VIDERE TIL FORGÆRDINGSTANKEN.



ET RUM BAG EKSTRUDEREN INDEHOLDER STRØMFORSYNING OG STYRESYSTEM.

Den samlede investering har været på € 875.000, hvoraf selve ekstruderen har kostet € 185.000.



Monitering, registreringer og analyser

>> Ekstruderen har været anvendt til fortørret enggræs, dybstrøelse samt majsensilage. Ekstrudering af fortørret enggræs og dybstrøelse har som forventet øget disse biomassers biogasudbytte med ca. 30 %. Derimod har majsensilagen ikke fået nogen nævneværdig øgning af biogaspotentialitet ved ekstrudering. Energien forbrugt til biomixer og ekstruder har kun udgjort ca 7 % af energien i den øgede biogasproduktion.

Indkøring

Anlægget blev afleveret primo august 2012 og har herefter behandlet ca. 15 tons biomasse dagligt med varierende tørstofindhold.

Inden aflevering af anlægget blev der udført to kapacitetstest, den første skulle eftervise biomikserens kapacitet og den anden skulle eftervise anlæggets totalkapacitet.

Testen af biomikseren efterviste at der kan oprives en rundballe på max. 10 minutter og det er muligt at have ca. 7 baller i mikseren. I en normal driftssituation vil der efterfølgende blive fyldt biomasse med lavere tørstof oven i enggræsset, det kan f.eks. være dybstrøelse, græs-, eller majsensilage så der opnås en blanding på tørstof 45 -55 %.

Testen af det samlede anlægget blev udført på et miks af enggræs og græsensilage med et samlet tørstof på ca. 55 %. Her er anlæggets samlede kapacitet målt til 1,4 tons, hvilket indfrier forventningerne om en samlet anlægskapacitet på 30 tons pr. døgn ved tørstof. 55 %

Forventningerne til anlægget er pt. blevet indfriet da det har været muligt at tilføre anlægget ekstra tørstof, således tørstofprocenten i reaktoren er forøget fra omkring 5 % til 8 – 9 %. Gasproduktionen er samtidig forøget så der i dag produceres omkring 5.000 m³ biogas/døgn på anlæggets 1.200 m³ reaktor.

Ekstruderede biomasser

I driftsperioden fra august til november 2012 er der behandlet følgende biomasser på ekstruderanlægget:

- Enggræs (tørstof 70 – 85)
- Dybstrøelse (tørstof 25 – 45)
- Kløvergræs (tørstof 80 – 85)

- Halm (tørstof 75 – 85)
- Alm. græs- og majsensilage (tørstof 25- 35)

Biomasserne blandes i mikseren så der opnås et tørstof på omkring 50 % på de biomasser som tages ind via ekstruderanlægget .

I perioden fra august til november 2012 er der ca. behandlet 2.000 tons.

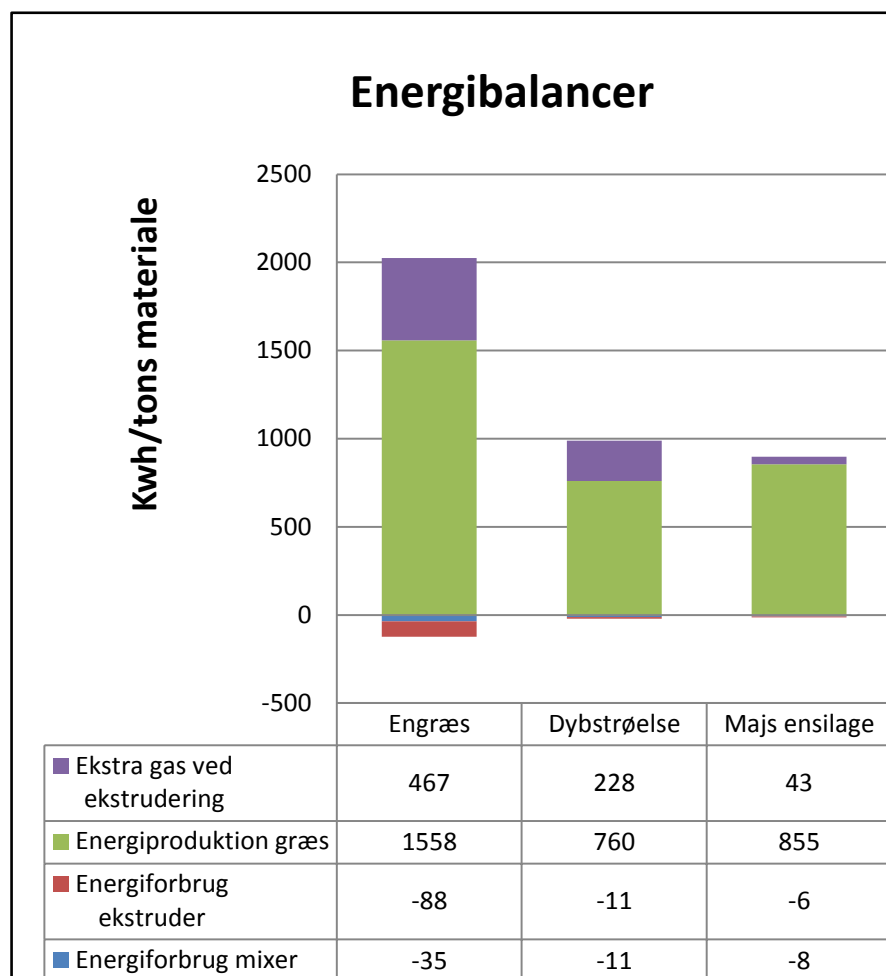
Øget biogasudbytte

Der er udført biogas forsøg med græs, dybstrøelse og hvedehalm. Der opnås et betydeligt ekstraudbytte ved ekstrudering. Ekstra udbyttet med de 3 produkter er 15-27 % ved 20-30 dages udrådning, og ved langtidsudrådning er ekstraudbyttet 1-10 %. Hvis opholdstiden er tilstrækkelig lang er der således en begrænset effekt. Til gengæld muliggør ekstruderen en langt højere belastning af reaktoren ved lavere opholdstider uden problemer med flydelag.

Strømforbrug

Der har været udført en række forsøg med biogaspotentialer af halm, græs og fast husdyrgødning, herunder effekt af ekstrudering.

Kapacitet og energiforbrug ved forbehandling er blevet målt og der er blevet foretaget en del justeringer for at optimere driften. I figur 2 er energiproduktion og forbruget for 3 biomasser illustreret. I dybstrøelse og enggræs opnås der en stor energigevinst ved ekstrudering, som kun i mindre omfang ophæves af energiforbruget. 10-25 % af den ekstra energi der udvindes, bruges til forbehandlingen. Energiforbruget til ekstruderingen er meget afhængig af tørstofindholdet i biomassen.



ENERGIBALANCER VED EKSTRUERING.

Arbejdsforbrug

De mandskabstimer som bruges på drift af anlægget går hovedsagelig til:

- Transport fra lagerplads til biomikser
- Manuel afgang af net på baller

- Ventetid ved dosering af baller, der kan doseres minimum 1 balle hver 10. minut. I alt ca. 6 – 7 baller, hvilket bliver 2,5 til 3 tons
- Mix med andre biomasser med lavt. tørstof f.eks. græsensilage.

Tidsforbruget pr. tons enggræs bliver således omkring 20 minutter pr. tons og den samlede tid pr. blanding bestående af ca. 50 % enggræs og ca. 50 % græsensilage vil være ca. 15 minutter pr. tons med et tørstof omkring 50 % for den færdige blanding.

Andre udgifter og omkostninger

De 4 måneders drift vi pt. har haft er en forholdsvis kort periode til at konkludere hvad vedligeholdelseskostningerne bliver pr. tons, dog kan vi se at der er stor slid på ekstruderen og vi forventer at de ca. 10 kr. pr. tons vi tidligere har kalkuleret med ikke vil være tilstrækkelig.



MIKS AF GRÆSENSILAGE OG DYBSTRØELSE EFTER EKSTRUERING. FOTO: MICHAEL TERSBØL.

Yderligere information

>> Litteratur, hjemmesider m.v., hvor man finder yderligere oplysninger om mobil gylleseparation.

- AgroTechnologyATLAS - <http://agro-technology-atlas.eu/>.
- Baltic Compass – <http://www.balticcompass.org>.
- Sector Study concerning prioritised innovative agro-environmental technologies for sustainable food production in the Baltic Sea Region - http://agro-technology-atlas.eu/docs/repo20905_Baltic_Compass_Sector_Study.pdf.
- “Win-win technologies for nutrient management” – en mobil og delvis virtuel udstilling med videoklip og PowerPoints - http://agro-technology-atlas.eu/win_win_technologies_for_nutrient_management.aspx.

Denne pjece er medfinansieret af EU's Østersøprogram, og udarbejdet af Agro Business Park og Aarhus Universitet i regi af Baltic Compass. Baltic Compass er et strategisk projekt, som arbejder for at fostre løsninger til gavn for landbrug og miljø i Østersøregionen. Projektets 22 partnere repræsenterer nationale myndigheder, interesseorganisationer, videnskabelige institutter og innovationscentre fra de lande i Østersøområdet. Læs mere på <http://www.balticcompass.org>.

