

Optimering af biomasseforsyningskæder	Ansvarlig	IKJ
	Oprettet	07-01-2014
	Side	1 af 12
Projekt: 3150 – Landbrugsproduktion og bioraffinering		

## 1 Indledning

En biomasse kan håndteres på flere forskellige måder inden den forarbejdes i f.eks. et biogasanlæg. Der er ikke et endegyldigt svar på, hvordan forsyningskæden vil se ud for en eksakt biomasse, da det afhænger af faktorer som blandt andet høsttidspunkt, biomassens sammensætning, dens lagerstabilitet og ønsket anvendelsestidspunkt i biogasanlægget. Mulighederne er mange, men kun få er optimale ud fra et økonomisk og miljømæssigt synspunkt. Formålet med dette projekt er derfor at udvikle en model, der kan estimere de omkostninger, der er associeret til hver enkelt enhedsoperation, da omkostningerne ved anvendelse af biomassen kan henføres til logistikken i forbindelse med høst, lagring og transport. Det er desuden formålet med modellen at estimere biogaspotentialer af biomasser ved udrådning. Ud fra dette kan forsyningskæden for flere biomasser optimeres.

Videncentret for Landbrug (VFL) tager del i Biochain-projektet, der består i at udvikle en dynamisk værdikædemodel, der omfatter stadierne biomasseproduktion/bjærgning, transport, forbehandling, biogasproduktion, energikonvertering og genanvendelse af det afgassede materiale. Resultatet bliver en avanceret matematisk model, hvor VFL bidrager med en økonomi og logistik submodel.

VFL tager ligeledes del i projektet *Fra natur til værk*. Modelarbejdet udføres i samarbejde med Aarhus Universitet, hvor VFL opstiller en økonomisk model og Aarhus Universitet en model, der estimerer energiforbrug og drivhusgaseffekt ved de enkelte operationer i forsyningskæden. Resultatet bliver en dynamisk Excel model.

## 2 Systemgrænse

Der er udviklet en model, der kan optimere transport, lagring og bearbejdning af store mængder biomasser. Modellen har fokus på økonomien i de forskellige operationer fra mark til biogasanlæg. Der er fokuseret på følgende biomasser:

- Gylle
- Dybstrøelse
- Hvedehalm
- Rapshalm
- Enggræs
- Roer
- Majs

Forsyningskæden for disse er vidt forskellig. Biomasserne høstes forskelligt, håndteres forskelligt og udviser varierende lagerstabilitet. Forsyningskæden for alle biomasserne dækker fra produktion og høst til lagring på biogasanlægget. En undtagelse er halm, hvortil produktion og høst ikke er medtaget, da disse operationer er allokeret til kornet. Første trin i værdikæden for halm er således sammenrivning af halmen. Bilag 1 viser mulige værdikædescenarier for halm.

Gylle og dybstrøelse er begge restprodukter fra husdyrproduktionen. Forsyningskæden for gylle strækker sig fra opsamling af gylle fra bedriftens fortank til det overføres til biogasanlæggets fortank. For dybstrøelse vil første trin i forsyningskæden være opsamling af biomassen på en plads eller lignende på bedriften og sidste trin vil være lagring af biomassen i stak ved biogasanlægget.

### 3 Modelopbygning

---

Videncentret for landbrugs bidrag til modellerne er udført i Excel.

#### 3.1 Transport og logistikmodel

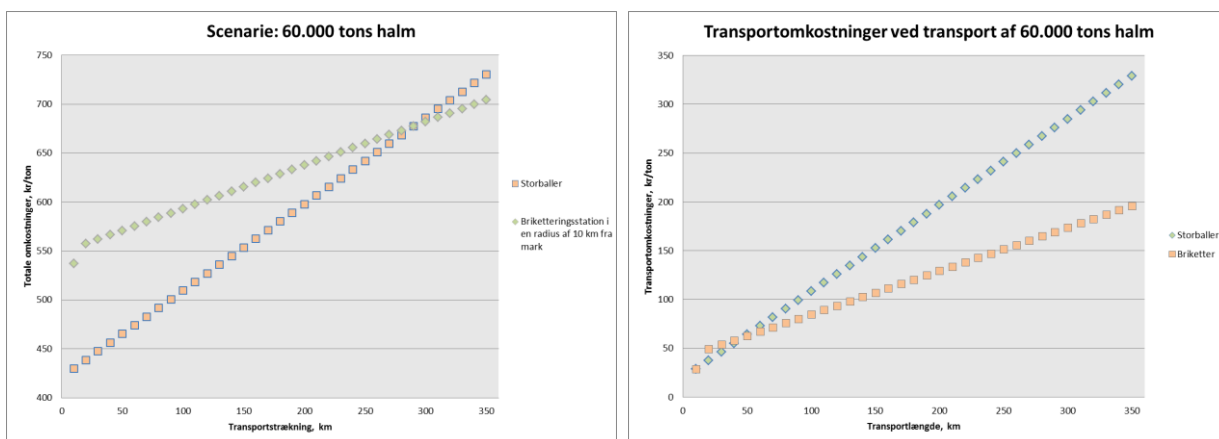
Modellen er bygget op således, at den består af 7 submodeller, én for hver biomasse. Hver submodel består bl.a. af et forudsætningsark, hvor alle forudsætninger er indsat. Det involverer tørstofprocent, pristimesatser for de forskellige maskiner og vogne, kapaciteter, tidsforbrug, transportdistance, virkningsgrad i gasmotor og pris for el og varme. Disse værdier er alle variable og kan ændres, hvis der er grundlag for det. Modellen udregner i sådan et tilfælde de nye resultater automatisk i selve modelarket. Dette ark består af en række forskellige operationer. Alle er delt op i følgende kategorier:

- Biomasse (fx markudbytte, markstørrelse, tørstofprocent)
- Produktion og høst (stykomkostninger og maskin- og arbejdsomkostninger)
- Transport (tidsforbrug på læsning, kørsel og aflæsning)
- Lagring (lagringsmetoder)
- Evt. forbehandling (Brikettering og ekstrudering)
- Gasudbytte og gasmotorvirkningsgrad

Omkostningen for hver kategori er opgivet i kr. pr tons biomasse, således at omkostningerne er sammenlignelige. Der er korrigeret for eventuelle begrænsede kapaciteter af maskiner og lagre, således, at f. eks. omkostningen for lagring varierer og vil være lavest, når kapaciteten er udnyttet fuldt ud. Der er imidlertid ikke taget højde for at anden biomasse måske kan optage den frie kapacitet, hvilket vil minimere lageromkostninger pr ton, hvis kapaciteten ikke udnyttes.

Priserne for maskiner og vogne er baseret på maskinstationspriser, hvor løn til arbejdskraften, forsikring og afskrivning af maskiner også er inkluderet. Tidsforbruget for de enkelte operationer er ligeledes baseret på maskinstationers erfaringer. Modellen estimerer også det forventede biogaspotentialer for hver biomasse, både ubehandlet og forbehandlet. De biomasser, som vil kræve forbehandling, er dybstrøelse, halm og enggræs. Forbehandlingerne er begrænset til brikettering og ekstrudering. Det er muligt at vælge brikettering eller ekstrudering af halm, hvorimod det kun er muligt at ekstrudere dybstrøelse og enggræs på nuværende tidspunkt. Biogaspotentialerne er baseret på forsøg udført på Aarhus Universitet i Foulum. Det er hensigten, at enggræs skal afprøves i briketteringsanlægget. Biogaspotentialerne er konverteret til el og varme ved omdannelse af biogassen i gasmotor. En anden mulighed er opgradering og efterfølgende afsætning på gasnettet, men denne er ikke medtaget på nuværende tidspunkt.

I bilag 2 er vist et eksempel på en submodel, som i dette tilfælde er for halm. I figur 1 er vist konklusionen af totale eller transportomkostninger isoleret set for forsyningskæden for halm (Ubehandlet & briketteret) i forhold til antal kørte kilometer.



Figur 1: Totale- og transportomkostninger for værdikæden for halm enten ubehandlet eller briketteret set i forhold til antal kørte kilometer. Det er antaget, at de 60.000 tons halm kan skaffes fra et cirkelområde med en radius på 25 km. Inde for denne cirkel er placeret én briketteringsstation. Det er antaget i beregninger, at der i gennemsnit er 10 km fra hver leverandør til stationen.

Opbygning af modellen er fortsat under udvikling. Det er målet at sikre høj brugervenlighed, således at den kan bidrage som planlægnings- og driftsoptimeringsværktøj i forsyningselskaber og storforbrugere af biomasse. Det indebærer, at modellen pakkes ind i et flot design og bygges op om en hovedmenu, hvorfra biomassen kan vælges. Derefter sendes man videre til et indtastningsark/forudsætningsark, hvor det er muligt at indtaste sine forudsætninger, og det vil være muligt at vælge mellem forskellige scenarier, således at biomasseforsyningskæden kan tilpasses bedst mulig ens behov og situation. Efterfølgende vil man blive sendt videre til resultaterne. I resultatarket vil omkostningerne blive præsenteret for hver kategori for et givent scenarie, men samlede omkostninger for hele biomasseforsyningskæden vil også blive præsenteret. Alle mellemberegninger vil være skjulte, men kan findes frem, hvis det er ønsket.

### 3.2 Lagerbeholdningsmodel

Indføding af biomasse til et biogasanlæg kræver optimering af, hvilke biomasser der er tilgængelige, og hvornår de biomasser tilføres anlægget, så biogasanlægget kan tilpasse sin produktion af biogas og undgå forskellige former for hæmning som substrathæmning og ammoniakhæmning. Som allerede beskrevet, så er nogle biomasser kun tilgængelige få måneder i året og kvaliteten af dem kan være forringet siden høst. Der arbejdes derfor med at udvikle en model – et årshjul for de valgte biomasser. Dette årshjul skal fungere som en lagerstyringsmodel, hvorfra biogasanlægget kan tilpasse indfødingen af biomasse med henblik på at optimere gasproduktionen og udnyttelsen af hver biomasse. På sigt skal modellen også modelleres til at korrigere for den kvalitetsændring, der er for hver biomasse under lagring som funktion af tid. Modellen er bygget op på ugebasis, således at hver uge har en fane. I hver fane er der angivet lagerbeholdningen fra ugen forinden, indtastningsfelter til at registrere den tilførte og den fraførte biomasse den givne uge og til sidst den lagerbeholdningen, som er tilbage, når den pågældende uge er passeret. Denne mængde svarer til startlagerbeholdningen ugen efter. Lagerbeholdningen er både angivet i vådvægtmængde, tørstofmængde, organisk stof, total kvælstof, fosfor, kalium og metan. Dette er illustreret i bilag 3.

Modellen vil således også give en oversigt over, hvad og hvor meget biomasse der er tilført og fraført samlet for et år samt en grafisk afbildning af gasproduktionen sammenholdt med biomassetilsætningen, således at der hurtigt kan observeres en u hensigtsmæssig tilsætning af biomasse på en forudsigende faldende gasproduktion. Denne kan i så fald spores tilbage på biomassens indholdsstoffer eller sammensætning. Lagermodellen indikerer også, hvor stor den kvantitative mængde, der er at arbejde med, er.

## 4 Lagring og kvalitet

---

Der findes forskellige lagringsmetoder afhængig af sammensætningen af biomassen. Af lagringsmetoder kan nævnes ensilering i plansilo, wrapning, lagring i hal eller ude samt lagring i tank. Lagringsmetoden afhænger blandt andet af tørstofindholdet i biomassen.

### 4.1 Ensilering

Biomasser med en lav tørstofprocent svarende til 20-45 % lagres mest optimalt ved ensilering for at undgå svampevækst eller anden forringelse. Ensilering foregår normalt i en plan silo/køre silo, hvor biomassen komprimeres så meget at anaerobe forhold optræder. Det tager minimum 4 uger at få ensileringsprocessen til at løbe til ende. Den tid, ensileringsprocessen vil tage, afhænger af biomassens bufferkapacitet. Under ensileringsprocessen falder pH under dannelse af mælkesyre og eddikesyre. Et højt indhold af mælkesyre sikrer en god konservering og forholdet mellem mælke- og eddikesyresyre bør mindst være 3:1 og gerne 5:1 (Attermann *et al* 2003).



Figur 2: Til venstre: ensilering af majsensilage i plansilo. Til højre: Ensilering af græs

Majshelsæd har et tørstofindhold på ca. 30 % og skal derfor ensileres. Under ensilering af majshelsæd skal pH falde til under cirka 4,3 for at opnå en god ensileringskvalitet. Majshelsæd skal hurtigt lagres efter høst for at undgå tab, helst inden for 2-3 timer. Under aerobe forhold tabes meget af energien i biomassen som CO<sub>2</sub>.

Roer har et endnu lavere tørstofindhold (20 %) og skal derfor også ensileres ved længere tids lagring. Roer kan ved længere tids lagring lagres som hele roer eller som roepulp i en tank eller lagune. Ved korttidsopbevaring kan roer lagres i en kule.

Det kan også være nødvendigt at ensilere enggræs. Det kommer dog an på dets tørstofindhold, som varierer meget. Den kritiske pH-værdi afhænger af tørstofindholdet. Fx skal pH under 4,2 for at sikre en god ensileringskvalitet, hvis græsensilagens tørstofindhold er 20 %, hvorimod en god ensileringskvalitet kan fås ved pH under 4,8 ved et tørstofindhold på 45 % (Attermann *et al* 2003).

### 4.2 Wrapning

Det er nødvendigt at wrappe biomasser med en tørstofindhold på 45-85 %. En biomasse er først lagerstabil, når tørstoffet er 85 %. Det er ikke velegnet at ensilere biomasser med et tørstofindhold på 45-85 %, da det ikke vil være muligt at fastholde den komprimering der er ved ensilering, hvorfor ilt vil sive ind mellem biomassen og starte omsætning af biomassen til CO<sub>2</sub>. De samme mikrobiologiske processer forløber ved wrapning som ved ensilering i plansilo. Der skabes iltfrie forhold og biomassen konserveres efter en tid.



Figur 3: Græs i wraprundballer lagret på endefladerne

Blandt de biomasser, som arbejdes med her, vil wrapning kun kunne blive aktuelt for lagring af enggræs, da tørstofindholdet i enggræs kan ligge i dette tørstofsinterval. Wrappede rundballer står bedst på endefladerne, hvor der er flest lag plastik (Attermann *et al* 2003).

### 4.3 Lagring i hal eller ude

Lagring i hal eller lignende er specielt velegnet til tørre biomasser som halm for at bevare lagrestabiliteten. Halm har et tørstofindhold på 85-95 %. Der er stort set ingen tab af energi ved lagring af tørre biomasser i hal eller staklade. Halm presses ofte i storballer. Storballer er ikke velegnede til at blive lagret udenfor på mark eller plads over en længere periode, da den måde en storballe er presset på tillader regn at trænge ind i ballen.



Figur 4: Til venstre: halm i storballer lagret i staklade. Til højre: Græs i rundballer lagret ude på den runde side

Enggræs har et meget varierende tørstofindhold, som afhænger af området, hvor det høstes. I nogle områder med enggræs høstes græsset med et tørstofindhold tæt på 85 %. I sådan et tilfælde vil man lade enggræsset ligge på marken og tørre til det er lagerstabil og derefter presse det i baller. Enggræs presses i rundballer pga. arealernes sårbarhed over for tung trafik (Bertelsen *et al* 2012). Forsøg med presning af enggræs i rundballer viste en gennemsnitlig vægt af ballerne på 280 kg (Høy, 2010), hvorimod storballer vejer ca. 550 kg. Enggræs i rundballer behøver ikke nødvendigvis at blive lagret i en staklade eller lignende, da regn ikke i samme omfang kan trænge ind i ballen, hvis den lagres stående på den runde side.

### 4.4 Lagring i fortank på biogas anlæg

Flydende biomasse som gylle lagres som regel i biogasanlæggets fortank. I nogle tilfælde blandes dybstrøelsen sammen med gyllen i fortanken. Det kommer imidlertid an på, hvor systematisk dybstrøelsen kommer frem til biogasanlægget samt hvorledes mængden vægter i forhold til mængden af gylle. Kommer dybstrøelsen jævnt over tid og i mindre mængder, lagres

det sammen med gylle i fortanken. Bliver mængden af dybstrøelse for stor, så anlægget ikke kan håndtere det rent mekanisk, vil dybstrøelsen blive lagret på en plads med kloakfløb til fortanken med gylle. Få biogasanlæg har en blande- og neddelingstank til dybstrøelse med det formål at få gjort dybstrøelsen mere flydende, så det kan pumpes direkte til fortank eller rådnetank. Den gennemsnitlige opholdstid i en fortank er ca. 4-7 dage.

#### 4.5 Kvalitetsændring under lagring

Under lagring sker der nogle kvantitative og kvalitative ændringer med biomassen. Ved ensilering i plansilo vil der ske små tab af energi trods konserveringen, fordi der altid vil være lidt ilt til stede. Der er et tab på omkring 7 % tørstof ved ensilering af majs fra høstudbyttet til opfodret udbytte (Farmtal Online 2013a). Laursen (2011) fra Videncentret for Landbrug har imidlertid udført et forsøg på 4 bedrifter, hvor ensileringstab fra majshelsæd varierede fra 0,7-6,4 % med et gennemsnitligt tab på 3,1 % tørstof.

Lagringstab for græs er ligesom for majs 7 % tørstof ved ensilering i plansilo fra høstudbyttet til opfodret udbytte (Farmtal Online 2013b). Laursen (2011) udførte tilsvarende lagringsforsøg med ensileret græs, hvor han fandt tab fra 0,5-6,7 % tørstof med et tab på gennemsnitlig 3,7 % tørstof. Tabet vil være større ved wrapning, da overfladen i forhold til volumen er større ved baller end overfladen af biomassen i en plansilo, hvorfor adgangen for ilt er større.

Lagringstab for ensilerede roer er endnu ikke undersøgt, men der er planlagt aktiviteter i slutningen af 2014 med henblik på b.la. at undersøge dette. Der er et tab på 9 % tørstof ved lagring af friske roer i kule (Farmtal Online 2013c).

Under ensilering sker der en depolymerisering af biomassen, og der dannes blandt andet mælkesyre, men også små mængder CO<sub>2</sub>. I rådnetanken vil der ske en forgæring af mælkesyren under dannelse af kuldioxid og reducerende stoffer. Biogaspotentialer efter lagring falder, da noget af biogassen i form af CO<sub>2</sub> fordampes under lagring, men methanpotentialer falder ikke betydeligt. Der vil derfor være en højere metanprocent i den producerede gas i rådnetanken. Totalt set betyder det dog ikke, at der produceres mere metan pga. tabet af tørstof.

Under lagring af dybstrøelse sker der en kompostering og dermed tab af energi, når der er ilt tilstede. Ifølge Sommer (2001) er der et tab på 48,5 % kulstof ved lagring af ubehandlet dybstrøelse fra malkekøer i 132 dage. Det svarer til, at ca. 55 % af det organiske stof er tabt efter lagring. Dybstrøelse vil dog kun være lagret op til 14 dage på biogasanlægget, hvorfor der må påregnes et mindre tab af organisk stof. Generelt afhænger tabets størrelse blandt andet af om dybstrøelsen stammer fra kvæg, kalve, søer m.fl. Tabet vil være lavere i dybstrøelse fra kvæg end fx fra kalve, fordi dybstrøelsen kan være så fast sammentrampet, at der næppe vil kunne komme ilt i væsentlige mængder ned i materialet. Der bruges mere halm til kalve og dybstrøelsen er mere løs, hvorfor adgangen for ilt er større. For at minimere tabet fra dybstrøelse skal det ikke flyttes mange gange, for hver gang det sker, iltes biomassen (Møller & Jørgensen 2003).

Gyllen lagres kun i 4-7 dage inden anvendelse i rådnetanken. Fortanken, hvor gyllen er lagret inden anvendelse, er ikke tempereret. Temperaturen varierer derfor fra ca. 5-20 grader afhængig af årstiden. Møller *et al* (2004) har undersøgt tabet af kulstof fra gylle ved lagring, og de fandt et akkumulerende tab på 1,8-3,8 % kulstof efter 5 dages lagring ved 15 grader. Tabet er udregnet på basis af det nedbrydelige organiske stof, der er i kvæg- og svinegylle. Det højeste tab var observeret fra lagring af kvæggylle og det laveste fra lagring af svinegylle. Tabene er således beskedne ved korttidslagring, som er tilfældet i modellen. Indholdet er de flygtige syrer stiger inden for de første 5 dage, men den faktiske fordeling mellem de forskellige flygtige

syrer er konstant inden for samme periode (Møller *et al* 2004). Der er således kun et beskedent stof- og energitab.

## 5 Referencer

---

Attermann K., Thøgersen R. & Ohlsson C. (2003): *Ensilering – et håndværk*, Landbrugsforlaget 1. udgave.

Bertelsen I., Bredin H., Briseid T., Emanuelsson J., Eriksson P., Fjørtoft K., Gustafsson K., Johansson L., Møller H. & Stefanek K. (2012): *Evalueringsrapport Biogas, BioM – Bæredygtig bioenergi*.

Farmtal Online (2013a): Budgetkalkuler for majs til helsæd i 2014, Link til side: [https://farmtalonline.dlbr.dk/Kalkuler/VisKalkule.aspx?Prodgren=K\\_4460&Forudsætninger=31-12-2014;K\\_4460;1;3;2;1;2;1;1;1;3;1;n;n;0;n](https://farmtalonline.dlbr.dk/Kalkuler/VisKalkule.aspx?Prodgren=K_4460&Forudsætninger=31-12-2014;K_4460;1;3;2;1;2;1;1;1;3;1;n;n;0;n)

Farmtal Online (2013b): Budgetkalkuler for vedvarende græs til slæt i 2014, Link til side: [https://farmtalonline.dlbr.dk/Kalkuler/VisKalkule.aspx?Prodgren=K\\_4220&Forudsætninger=31-12-2014;K\\_4220;1;3;2;1;2;1;1;1;3;1;n;n;0;n](https://farmtalonline.dlbr.dk/Kalkuler/VisKalkule.aspx?Prodgren=K_4220&Forudsætninger=31-12-2014;K_4220;1;3;2;1;2;1;1;1;3;1;n;n;0;n)

Farmtal Online (2013c): Budgetkalkuler for foderroer i 2014, Link til side: [https://farmtalonline.dlbr.dk/Kalkuler/VisKalkule.aspx?Prodgren=K\\_4010](https://farmtalonline.dlbr.dk/Kalkuler/VisKalkule.aspx?Prodgren=K_4010)

Høy J. (2010): *Kapacitetsmålinger I 2010 v/Nørreå*, BioM – Bæredygtig bioenergi

Laursen P.H. (2011): *Grovfoderets pris på foderbordet*, Landbrugsinfo, DBLR. Link til side: <https://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Foder/Grovfoder/Grovfodermatchen/Sider/2190-Grovfoderets-pris-paa-foderbordet.aspx>

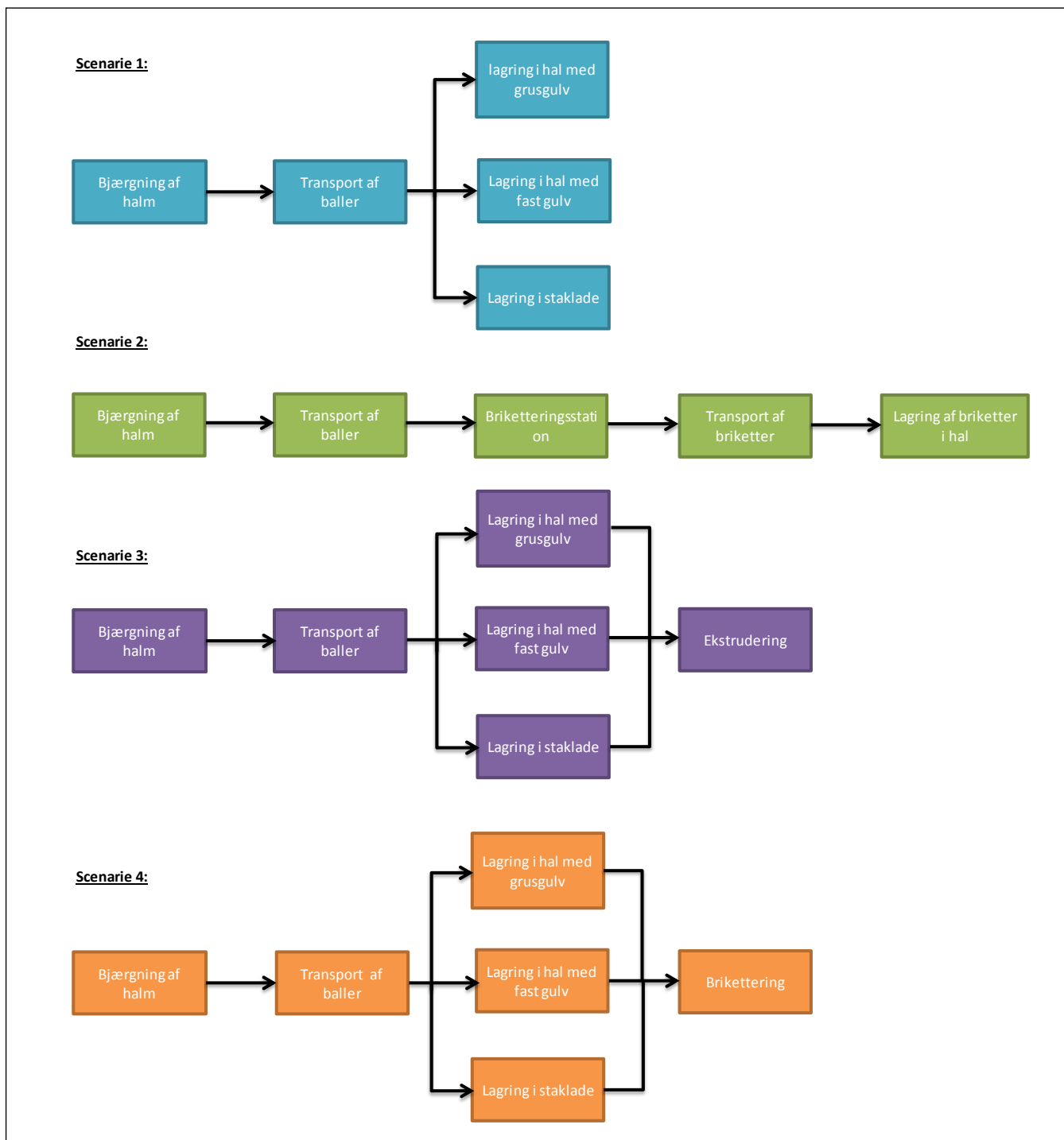
Møller H.B., Sommer S.G. & Ahring B.K (2004): *Biological Degradation and Greenhouse Gas Emissions during Pre-Storage of Liquid Animal Manure*, J. Environ. Qual. 33, p. 27-36

Møller H.B & Jørgensen P.J (2003): *Praktisk anvendelse af dybstrøelse som substrat i biogas-anlæg – kommende som eksisterende*, PlanEnergi

Sommer S.G. (2001): *Effects of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter*, European Journal & Agronomy 14, p. 123-133

# Bilag 1

Mulige scenarier for forsyningskæden for halm er vist nedenfor.





# Bilag 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	<b>Wheat straw</b>											
2												
3	<b>Biomass</b>							<b>Økonomidata</b>				
4	Yield of wheat straw, tons/ha	3,5						Bjærgning, kr/ton	-308			
5	Dry matter, %	85%						Lager, kr/ton	-93			
6	Yield in dry matter, tons DM/ha	3,0						Forbehandling, kr/ton	-140			
7	Density of wheat straw, ton/m3	0,14						Lager til briketter, kr/ton	-60			
8	Weight, big bales, ton/bale	0,55						Traktor med frontlæsser, kr/time	-625			
9	Density of briquettes (bulk), ton/m3	0,45						Lastbil med lad, kr/time	-525			
10	Field, ha	17142						Lastbil med tipvogn, kr/time	-600			
11												
12	Time of harvest:	Just after harvest of grain. August/September										
13												
14												
15	<b>Collecting at field</b>											
16												
17	<b>Straw turning and collecting</b>											
18	Turning/collecting, kr/kg	-0,07										
19	Turning/collecting, kr/ha	-245										
20	Capacity, ha/hour	4										
21	Turning/collecting, kr/ton	-70										
22												
23	<b>Straw baling in field</b>											
24	Baler, big bales, kr/kg	-0,15										
25	Capacity, bales/hour	24										
26	Baler, big bales, kr/ton	-149										
27												
28	<b>Loading with tractor with front loader</b>											
29	Number of bales, bales/ha	6,4										
30	Tractor cost, kr/hour	-625										
31	Loading and unloading of bales, hours/ha	0,5										
32	Loading and unloading of bales, kr/ha	-313										
33	Loading, kr/ton	-89										
34												
35	<b>Total costs for field work, kr/ton</b>	<b>-308</b>										
36												
37												
38												
39	<b>Storage</b>											
40												
41	<b>Barn with fixed floor</b>		<b>Barn with gravel ground</b>		<b>Barn "Staklade"</b>		<b>Barn for briquettes with fixed floor</b>					
42	Price/loan, kr	1.816.500	Price/loan, kr	1.391.500	Price/loan, kr	1.001.500	Price/loan, kr	1.816.500				
43	Capacity, m3	5.000	Capacity, m3	5.000	Capacity, m3	5.000	Capacity, m3	5.000				
44	Utilisation of barn, %	90%	Utilisation of barn, %	90%	Utilisation of barn, %	90%	Utilisation of barn, %	80%				
45	Storage capacity, m3	4.500	Storage capacity, m3	4.500	Storage capacity, m3	4.500	Storage capacity, m3	4.000				
46	Number of big bales, stk	1.145	Number of big bales, stk	1.145	Number of big bales, stk	1.145	Number of big bales, stk	30				
47	Service life, years	30	Service life, years	30	Service life, years	30	Service life, years	4%				
48	Interest, %	4%	Interest, %	4%	Interest, %	4%	Interest, %	kr. -105.048				
49	Fee, kr/year	-105.048	Fee, kr/year	-80.471	Fee, kr/year	-57.917	Fee, kr/year	-60				
50	<b>Fee, kr/ton/year</b>	<b>-168</b>	<b>Fee, kr/ton/year</b>	<b>-129</b>	<b>Fee, kr/ton/year</b>	<b>-93</b>	<b>Fee, kr/ton/year</b>					
51												

16	<b>Pelletising in field, mobile</b>		<b>Briquet plant</b>		<b>Extruder</b>		<b>Chain crusher</b>	
17	Cost price, kr	5.069.400	Cornall hammer mill, straw conveyer, straw bale breaker,	411.000	Extruder, mixer, conveyer, kr	5.500.000	Price/loan, kr	2.319.314
18	Service life, year	20	Currency	7.455	Service life, year	10	Service life, years	10
19	Interest, %	5,5%	Cornall equipment, kr	3.064.005	Interest, %	5,5%	Interest, %	5,5%
20	Yearly fee, kr/year	-424.204	Briquet plant, kr	1.250.000	Fee, kr/year	kr. -729.673	Fee, kr/year	kr. -307.698
21	Yearly fee, kr/ton	-7	Capacity of briquetter, ton/year	10.000	Fee, kr/ton	-73	Fee, kr/ton	-5
22	Operation costs, l/ton	-48	Number of plants, stk	6	Operation costs, kWh/ton	-123	Equipment, intensive treatment, kr/ton	-1,19
23	Currency, kr/l	7,5	Briquet plants, kr	7.500.000	Capacity, ton/year	10.000	Operation, kr/ton	-3,08
24	Operation costs, kr/ton	-358	Other things (installation etc.), l	50.000	Maintenance costs, kr/ton	-25	Capacity, ton/year	27.900
25	Capacity, ton/hour	2,5	Total price for plant, kr	10.936.755	Energy price, kr/kWh	0,4	Costs at max capacity, kr/ton	-15
26	Capacity, ton/year	4.650	Interest, %	5,5%	Operation costs, kr/ton	-49	<b>Costs, kr/ton</b>	<b>-20</b>
27	Costs at max capacity, kr/ton	-449	Service life, year	10	Depreciation, %	10%		
28	<b>Total costs, kr/ton</b>	<b>-450</b>	Yearly fee, kr/year	-1.450.955	Depreciation, kr/ton	-55		
29			Fee, kr/ton	-24	Costs at max capacity, kr/ton	-147		
30			Maintenance costs, kr/ton	-40	<b>Costs, kr/ton</b>	<b>-202</b>		
31			Energy price, kr/kWh	-0,4				
32			Energy use, kWh/ton	60				
33			Operation costs, kr/ton	-24				
34			A hire building, kr/year	-120.000				
35			Insurance, kr/year	-50.000				
36			Staff, kr/year	-1.860.000				
37			Depreciation, %	10%				
38			Depreciation, kr/year	-1.093.676				
39			<b>Costs, kr/ton</b>	<b>-140</b>				
40								
41								
42								
43	<b>Transport</b>							
44								
45	<b>Transport scenario 1</b>				<b>Transport scenario 2</b>			
46								
47	<b>Transport of bales from field to biogas plant</b>		<b>Transport of bales from field to briquet station</b>		<b>Loading of briquettes to tipper</b>		<b>Transport of briquettes from briquet station to biogas plant</b>	
48	Distance to biogas plant (and back), km	50	Distance to biogas plant (and back), km	10	Hourly rate for tractor with frontloader, kr/hour	-625	Distance to biogas plant, km	40
49	Truck vehicle, kr/hour	-525	Truck vehicle, kr/hour	-525	Time consumption for loading, hours/load	0,33	Truck with tipper, kr/hour	-600
50	Speed, km/hour	45	Speed, km/hour	45	Capacity of tipper, m3/load	60	Speed, km/hour	50
51	Capacity, big bales/load	24	Capacity, big bales/load	24	Capacity of tipper, ton/load	27	Capacity, m3/load	60
52	Number of loads, ha-1	0,27	Number of loads, ha-1	0,27	Costs, kr/load	-208	Capacity, ton/load	27
53	Time consumption, loading, hours/load	0,25	Time consumption, loading, hours/load	0,25	<b>Costs, kr/ton</b>	<b>-8</b>	Number of loads, ha-1	0,13
54	Time consumption on road, hours/load	1,11	Time consumption on road, hours/load	0,22			Time consumption, loading, hours/load	0,3
55	Time consumption, unloading, hours/load	0,25	Time consumption, unloading, hours/load	0,25			Time consumption on road, hours/load	0,8
56	Time consumption, total, hours/load	1,61	Time consumption, total, hours/load	0,72			Time consumption, unloading, hours/load	0,08
57	Costs, kr/load	-845,8	Costs, kr/load	-379			Time consumption, total, hours/load	1,18
58	Costs, kr/ha	-224	Costs, kr/ha	-101			Costs, kr/load	-708
59	<b>Costs, kr/ton</b>	<b>-64</b>	<b>Costs, kr/ton</b>	<b>-29</b>			Costs, kr/ha	-92
60							<b>Costs, kr/ton</b>	<b>-26</b>

	A	B	C	D	E	F
103						
104	<b>Biogas potential and income</b>					
105						
106		Untreated straw	Briquetted straw	Extruded straw		
107	Potential, m3 CH4/ton VS	197	221	229		
108	VS% af DM	95%	80%	87%		
109	CH4, m3/ha	556	526	593		
110	CH4, m3/ton	159	150	169		
111	Energy in CH4, kWh/m3	10	10	10		
112	Energy, kWh/ton	1589	1503	1693		
113						
114	<u>Gasmotor:</u>					
115	Electricity, %	40%	40%	40%		
116	Heat, %	50%	50%	50%		
117	Electricity, kWh/ton	636	601	677		
118	Heat, kWh/ton	795	751	847		
119	Price of electricity, kr/kWh	0,79	0,79	0,79		
120	Price of heat, kr/kWh	0,25	0,25	0,25		
121	Income from electricity, kr/ton	502	475	535		
122	Income from heat, kr./ton	199	188	212		
123						
124	<b>Income in total, kr/ton</b>	<b>701</b>	<b>663</b>	<b>747</b>		
125						
126						
127						
128	<b>Total costs</b>					
129		Untreated straw	Briquetted straw	Extruded straw		
130	<u>Costs, Kr/ton:</u>					
131	Scenario 1, barn with fixed floor	-541				
132	Scenario 1, barn with gravel floor	-501				
133	Scenario 1, Staklade	-465				
134	Scenario 2, barn with fixed floor		-431			
135	Scenario 3, barn with fixed floor			-743		
136	Scenario 3, Barn with gravel floor			-703		
137	Scenario 3, Staklade			-667		
138	Scenario 4, barn with fixed floor		-541			
139	Scenario 4, barn with gravel floor		-501			
140	Scenario 4, staklade		-465			
141						
142						
143	<b>Profit</b>					
144		Untreated straw	Briquetted straw	Extruded straw		
145	<u>Profit, kr/ton:</u>					
146	Scenario 1, barn with fixed floor	160				
147	Scenario 1, barn with gravel floor	200				
148	Scenario 1, Staklade	236				
149	Scenario 2, barn with fixed floor		232			
150	Scenario 3, barn with fixed floor			4		
151	Scenario 3, Barn with gravel floor			43		
152	Scenario 3, Staklade			79		
153	Scenario 4, barn with fixed floor		122			
154	Scenario 4, barn with gravel floor		161			
155	Scenario 4, staklade		198			
156						

# Bilag 3

Opbygning af lagerbeholdningsmodel ses nedenfor for uge 2 og uge 3. Slutbeholdningen i uge 2 føres videre til startbeholdningen i uge 3 osv. op til uge 52.

The image displays two spreadsheets, one for Week 2 and one for Week 3, detailing the annual cycle of biomass. Each spreadsheet is divided into four main sections: **Stack\_start**, **Input**, **Output**, and **Stack\_the\_end**. The data is categorized by biomass type: **Slurry**, **Deep litter**, and **Plant biomass**. Each category includes sub-rows for specific materials like 'Std. pig slurry', 'Deep litter, cattle', 'Straw', 'Beet', 'Tannin waste', 'Headmanure (hax)', 'Glomeraraz', and 'Garnzillaz'. The columns for each section include: Amount (tann, m3), Density (tann/m3), Dry matter (%), Volatile solids (tann), Nitrogen (kg/tann), Phosphorus (kg/tann), and Gas potential, CH4 (m3/tann VS m3). A red circle highlights the 'Stack, the end' column in both spreadsheets, showing the transition of stock from one week to the next.