

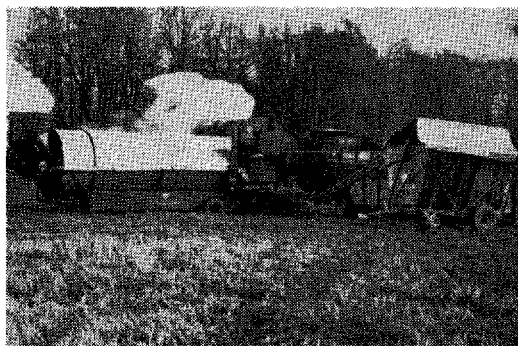
Tørring af grønafrøder på Taarup Unidry 1970

Artificial drying of green crops with Taarup Unidry 1970

Peter Winther og Poul Keller

Forord

I 1969 solgtes der fra maskinfabrikken Taarup et antal transportable gårdtørningsanlæg med betegnelsen *Taarup Unidry, type TU 22* (fig. 1). Da dette anlæg ikke var færdigudviklet i 1969, blev der i vinteren 1969/70 foretaget en del ændringer på anlægget, hvorefter det i 1970 fremtrådte i en mere driftssikker udformning.



Figur 1. Taarup Unidry

I nærværende beretning forelægges resultater fra forsøg og undersøgelser gennemført i 1970 dels under Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur med et anlæg ved Ødum forsøgsstation, dels under De landbrugstekniske Undersøgelser, Ørritslevgaard, med 2 anlæg ved Statens Gårde, Hillerød, og Uur Hedebrug.

Beretningens afsnit II er skrevet af Peter Winther og omhandler de ved Ødum gennemførte forsøg, der har taget sigte på at registrere bl.a. tab og kapacitet ved tørring af et betydeligt antal forskellige afgrødearter ved kortvarige prøvekørsler.

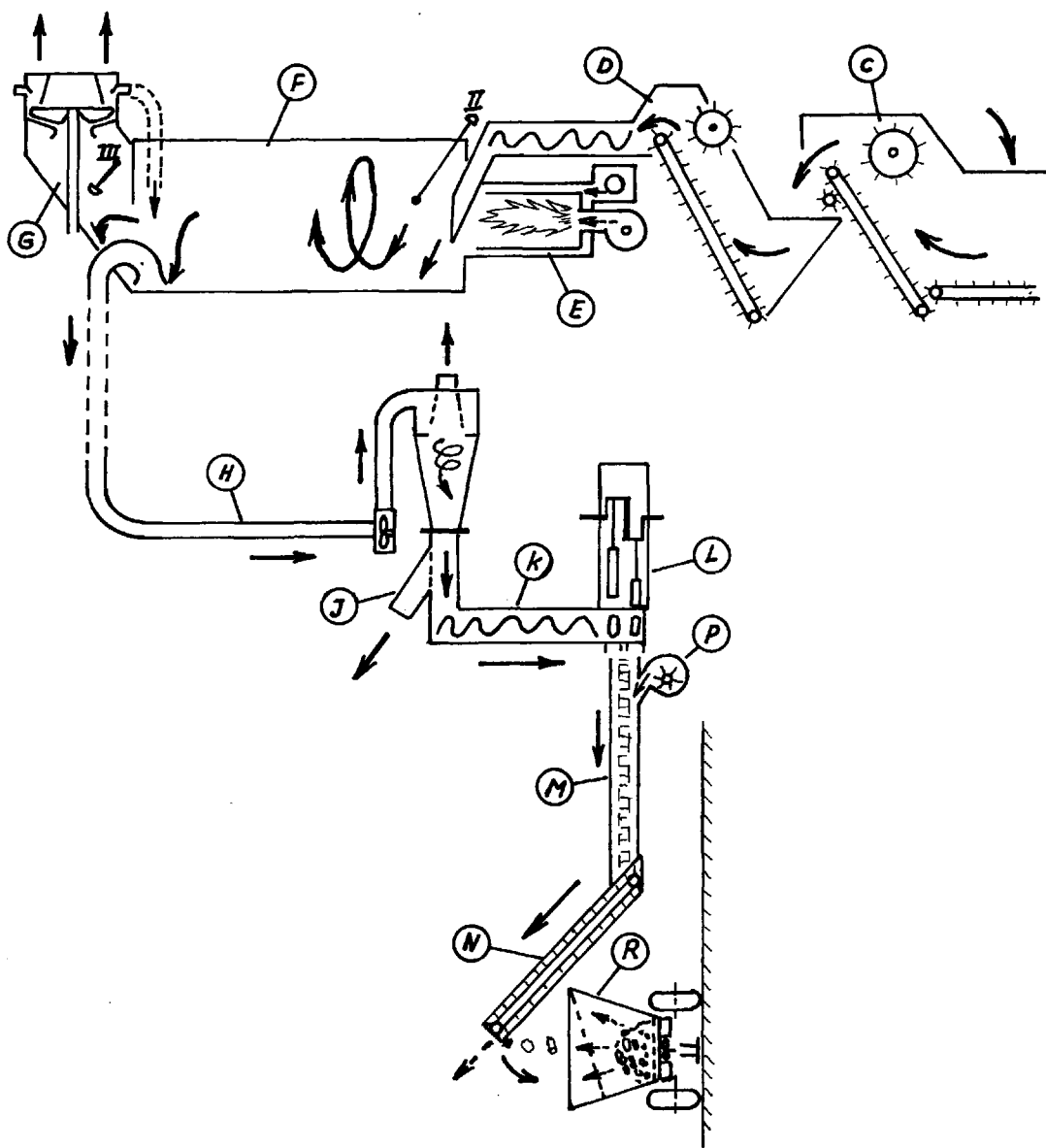
Beretningens afsnit III er skrevet af Poul Keller og redegør for Ørritslevgaards undersøgelser, der har haft til formål at belyse arbejdsbehov og tørrekapacitet for Taarup Unidry ved udnyttelse i praktisk skala.

I. Tørreanlæggets arbejdsgang og specifikationer
Idet der henvises til figur 2 kan arbejdsgangen beskrives således:

Den finsnittede grønmasse (råvare) aflæsses i et fordelerbord (C), der automatisk holder en påfyldningskasse på tørreanlægget passende fyldt. Fra denne kasse afleveres materialet ved hjælp af en skråtstillet transportør og en fødesnegl (D) i tørretromlen (F). Transportøren tilfører automatisk den mængde råvare, tromlen kan nedtørre. Tørretromlen arbejder efter envejs-princippet, d.v.s. at materialet under tørringen bevæger sig fra den forreste del til den bageste ende af tromlen. Denne bevægelse opnås dels ved hjælp af en kraftig luftstrøm, og dels ved hjælp af tørretromlens rotation.

Ved den bageste ende af tromlen er placeret en separator (G), der udsuger tørreluft fra tromlen. Tørvaren udsuges efter støvsugerprincippet fra tørretromlens bund og blæses op i en cyklon (H). Fra cyklonen glider tørvaren ned i forpresen (K), der presser materialet let sammen og fører det ned i briketpressen (L).

Briketpressen er en stempelpresse med 2 cylindre. Fra pressens matricer føres de sammenpressede briketstrenger til en briketslidske (M), hvorfra en brikettransportør (N) bringer dem op i en tipvogn forsynet med køleblæser (R).



Figur 2. Tørreanlæggets arbejdsgang

Når briketterne er kølet, køres tipvognen til lager, og briketterne tippes enten i transportør eller direkte i lager.

Tørreanlægget trækkes enten af en dieselmotor på ca. 55 HK med et olieforbrug på ca. 7,5 kg pr. time eller af elmotorer (heraf 25 HK elmotor for pressen), strømforbruget andrager ca. 30 kW pr. time.

Anlægget er automatiseret på en sådan måde, at det er muligt for én mand at høste afgrøden og passe anlægget, idet der i anlægget er indbygget en række kontrolforanstaltninger, der sikrer, at anlægget stopper, såfremt der opstår fejl.

Et elektronisk styringssystem sikrer endvidere et konstant temperaturfald i tørretromlen, hvorved tørringsgraden i tromlen holdes konstant, når

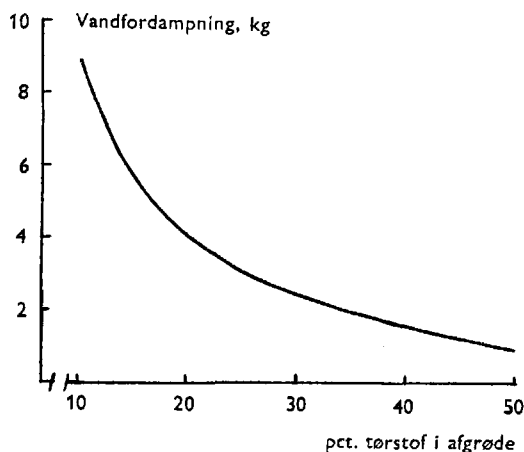
anlægget er kørt ind. Styringen sker ved en automatisk regulering af materialetilførslen. Varme- og luftmængde holdes konstant, manuelt indstillet efter den tørrekapacitet, der ønskes.

Af fabrikken angives anlæggets maksimale vandfordampningskapacitet til 2500 kg vand pr. time, og tørvarekapaciteten angives at være fra 500 til 700 kg briketter med 88 pct. tørstof pr. time ved tørring af græs og maksimalt 900 kg pr. time ved tørring af lucerne.

II. Forsøg ved Ødum forsøgsstation

Indledning

Ved hedluftstørring har den friske afgrødes tørstofindhold en væsentlig indflydelse på konserveringsomkostningerne. Af figur 3 ses, at de vandmængder, der skal fordampes pr. kg tørstof, stiger stærkt ved lavt tørstofindhold i afgrøden.



Figur 3. Vandfordampning pr. kg tørstof ved tørring til 88 pct. tørstof

Tørring af afgrøder med lavt tørstofindhold kan foruden et stort forbrug af fyringsolie pr. kg tørvare også medføre en dårlig udnyttelse af anlæggets kapacitet med hensyn til behandling af tørvare.

Foruden afhængighed af den anvendte teknik og afgrøde er konserveringsomkostningerne også afhængige af de tab, der opstår ved konserveringen. Af følgende oversigt ses, at der er fundet stærkt varierende, men gennemgående ret små tørstoftab ved tørring.

	Antal		Pct. tørstoftab	
	tabs-	gns.	variation	
	best.			
Dijkstra og Sprenger 1955:				
Lav temperatur (Ducrobra)	3	0,1	0	til 0,3
Høj temperatur (v. d. Broek)	3	1,1	0	til 3,3
Israelsen, Holm Christensen				
og Sonne Frederiksen 1966	12	1,8	÷ 4,6	til 6,5
Kristensen og Sørensen 1968	11	4,5	÷ 3,3	til 16,6
Laube og Henk 1968	18	4,8	÷ 4,1	til 19,4

Udover stoftab kan tørringen medføre en nedsettelse af især råproteinets fordøjelighed.

I gennemsnit af de ovenfor anførte 3 forsøg med tørring ved høj temperatur fandt Dijkstra og Sprenger en nedgang i proteinets fordøjelighed på 9,5 pct. I de tre forsøg med tørring ved lav indgangstemperatur fandtes nedgange på henholdsvis 4,7, 19,8 og 10,3 pct. og de største nedgange fandtes i forsøg med høj afgangstemperatur. Laube og Henk (1968) fandt i gennemsnit af 17 forsøg 20,6 pct. tab af fordøjeligt råprotein.

Sørensen (1969) anslår i en oversigt over hidtil udførte forsøg med malkekøer, at lavere fordøjelighed og lavere udnyttelse af de fordøjede næringsstoffer medfører 10-15 pct. lavere foderværdi i tørret foder end i den tilsvarende friske afgrøde. I gennemsnit af 11 forsøg fandtes ved ombytning af 60 pct. af det normale foder med tørret foder en stigende mælkeydelse, nedgang i fedtprocent og uforandret ydelse af 4 pct. mælk. Ved anvendelse af piller eller briketter som eneste grovfoder gav briketter et positivt ydelsesudslag i forhold til piller.

Forsøgsplan og forsøgenes gennemførelse

I 13 forsøg er der foretaget målinger vedrørende tørreriets kapacitet og olieforbrug samt udført bestemmelse af tørstoftab. I 10 af forsøgene er udført fordøjelighedsforsøg med får, og tørstoffet i afgrøde og tørvare er analyseret for indhold af råaske, sand og total-N. I 4 forsøg er afgrøde fra samme mark tørret ved 2 forskellige temperaturer, og i 3 af disse forsøg er ved hvert temperaturniveau tillige tilstræbt såvel normal nedtørring (ca. 88 pct. tørstof i briketterne) som stærkere nedtørring.

For de 3 forsøg med variation i både indgangstemperatur og nedtørningsgrad har forsøgsplanen været således:

- a. Laveste indgangstemperatur
- b. Højeste indgangstemperatur
1. ca. 88 pct. tørstof i briketterne
2. ca. 92 pct. tørstof i briketterne

Afgrøderne er høstet med finsnitter med påmonteret høsttromle (slaglehøster), og maskinen har været indstillet til en nominel snitlængde på 1,5 cm.

$$\text{kg vand fordampet pr. kg afgrøde} = 1 \div \frac{\text{pct. tørstof i afgrøde}}{\text{pct. tørstof i briketter}}$$

Inden tørring af forsøgsafgrøderne er der foretaget en indkøring (opvarmning og indstilling) af tørreriet. Denne indkøring har som regel været 1/2 time og er gennemført med afgrøde svarende til den, der er anvendt i forsøget. I de enkelte forsøg (forsøgsled) er som regel anvendt en afgrødemængde svarende til ca. 1 times tørring, men mangel på ensartet afgrøde har bevirket, at enkelte forsøg er tørret i løbet af ca. 1/2 time.

Valg af indgangstemperatur er foretaget på grundlag af afgrødens tørstofindhold, idet der samtidig er taget hensyn til tørreriets og briketpressens kapacitet med hensyn til behandling af den pågældende afgrøde.

Det er normalt tilstræbt at fremstille en tørvare med ca. 88 pct. tørstof, men under den ret kortvarige indkøring har indstilling af tørreriet ikke kunnet baseres på tørstofanalyser, og indstilling er derfor foretaget på grundlag af en skønsmæssig bedømmelse af briketternes tørstofindhold. Denne bedømmelse kan være vanskelig, især når der påbegyndes tørring af mere utraditionelle afgrøder, og der er derfor ikke i alle forsøgene opnået den tilstræbte tørstofprocent.

Prøver af grønt og briketter er udtaget med mekanisk (automatisk) prøveudtagningsapparat, der er udviklet på Ødum forsøgsstation. Apparatet giver mulighed for at variere både den samlede udtagne mængde grønt eller briketter og antallet af enkelte prøver.

Briketprøverne er afkølet ved gennemblæsning

i ca. 1 time, hvorefter der er foretaget en brydning af briketterne. Brydningen er udført for at kunne opnå en god blanding af briketprøverne, men også fordi det i fordøjelighedsforsøg har været vanskeligt at få fårene til at æde hårde briketter.

Ved alle tørstofbestemmelser er anvendt ventileret tørreskab og tørring i 18 timer ved 80° C.

Foder til fordøjelighedsforsøg (både grønt og briketter) er opbevaret i fryserum ved $\div 25^{\circ}$ C i tiden indtil forsøgenes gennemførelse.

Tørreriets vandfordampning er beregnet på grundlag af de anvendte mængder afgrøde samt tørstofprocent i afgrøde og briketter:

Forsøgsresultater

Tørvareproduktion og vandfordampning

I tabel 1 er anført resultater fra forsøg med tørring i 1970. I forsøg 4-6 er den tilstræbte tørstofprocent ikke opnået i alle forsøgsled, og ved 3. høsttid i forsøget med byg samt 1. og 2. høsttid i hestebønne var briketternes tørstofindhold betydeligt lavere end tilsigtet.

Med hensyn til produktion af tørvare er de i tabel 1 anførte resultater naturligvis påvirkede af den indstilling af tørreriet, der er tilsigtet og/eller opnået under den ret kortvarige indkøring.

Bortset fra tørring ved de laveste indgangstemperaturer i forsøg 4-7 er der tilstræbt en god udnyttelse af tørreriets kapacitet. I nogle forsøg kunne antagelig være opnået en noget større tørvareproduktion pr. time, dette gælder således ved de 2 første høsttider i hestebønne, men i andre forsøg er de opnåede resultater meget nær tørreriets maksimale kapacitet, dette gælder således ved tørring af afgrøder med stort indhold af hundegræs, hvor briketpressen har været stærkt belastet ved de største produktionsresultater. I forsøg, hvor der må skønnes at være opnået en god udnyttelse af tørreriets kapacitet, er der med de anvendte afgrøder opnået en tørvareproduktion, der varierer fra ca. 500 til ca. 750 kg tørstof pr. time.

Det fremgår af tabel 1, at forøgelse af briketternes tørstofindhold i forsøg 4-6 har medført nedgang i tørvareproduktionen.

Tabel 1. Tørvareproduktion, tørstof-tab, vandfordampning og forbrug af fyringsolie

Led	Dato	Indg. temp. ° C	Afg. temp. ° C	pct. tørstof i afgrøde	pct. tørstof i bri- ketter	kg tør- stof pr. time i tørvare	Tør- stof- tab, pct.	Vandfor- dampning kg pr. time	For- brugt kg olie pr. time	kg vand fordamp. pr. kg olie
<i>Forsøg nr. 1. 1. slæt, 65 pct. ital. rajgræs, 35 pct. hundegræs</i>										
	11/6	650	110	33,8	88,5	692	9,5	1399	109	12,8
<i>Forsøg nr. 2. 1. slæt, 25 pct. rødkløver, 75 pct. alm. rajgræs + hundegræs</i>										
	15/6	700	115	26,9	86,4	610	5,6	1657	127	13,0
<i>Forsøg nr. 3. 1. slæt, lucerne</i>										
	17/6	800	120	25,6	86,6	712	7,5	2115	149	14,2
<i>Forsøg nr. 4. 1. slæt, 30 pct. rødkl., 70 pct. timothe + engsvingel + alm. rajgræs</i>										
a 1.	10/6	660	120	22,6	88,2	431	6,8	1523	117	13,0
a 2.	9/6	650	130	23,1	90,5	380	10,3	1366	113	12,1
b 1.	9/6	850	125	21,8	90,2	604	14,2	2442	166	14,7
b 2.	10/6	850	135	21,7	93,9	554	18,1	2398	170	14,1
<i>Forsøg nr. 5. 60 pct. stålhavre, 31 pct. foderært, 9 pct. ukrudt</i>										
a 1.	13/7	800	130	16,1	84,5	387	8,9	2148	153	14,0
a 2.	14/7	800	130	16,1	86,4	369	5,7	1974	152	13,0
b 1.	13/7	900	130	17,6	88,5	580	12,0	2986	204	14,6
b 2.	14/7	910	135	15,9	89,3	502	8,1	2819	203	13,9
<i>Forsøg nr. 6. 2. slæt, 80 pct. hundegræs, 10 pct. alm. rajgræs, 10 pct. rødkløver</i>										
a 1.	23/7	600	115	25,2	83,6	452	2,7	1291	107	12,1
a 2.	22/7	600	135	22,7	88,1	347	0,5	1144	106	10,8
b 1.	22/7	760	130	23,2	87,1	576	5,1	1921	143	13,4
b 2.	23/7	750	135	22,7	90,2	480	6,5	1698	134	12,7
<i>Forsøg nr. 7. Efterafgrøde, ital. rajgræs</i>										
a.	17/11	800	125	14,8	88,7	335	9,6	2084	160	13,0
b.	17/11	900	125	16,9	88,5	558	12,9	3069	215	14,3
<i>Forsøg nr. 8. Byg (afgrøden var regnvåd ved 3. høsttid den 27/7)</i>										
1.	1/7	780	130	22,7	87,8	548	6,2	1910	145	13,2
2.	9/7	760	130	27,7	87,9	717	2,9	1832	138	13,2
3.	27/7	700	115	30,5	82,8	745	2,8	1590	125	12,7
<i>Forsøg nr. 9. Hestebønne</i>										
1.	6/7	850	130	13,7	80,5	338	16,8	2473	169	14,6
2.	27/7	840	120	16,1	84,1	416	10,8	2342	168	13,9
3.	19/8	850	120	21,7	88,9	690	÷ 0,3	2401	171	14,0
<i>Forsøg nr. 10. 3. slæt, 90 pct. hundegræs, 10 pct. rødkløver</i>										
Led 2 tilsat 3 pct. melasse ved briketteringen										
1.	10/9	740	125	24,1	89,6	521	11,4	1782	134	13,3
2.	10/9	780	130	22,3	88,1	532	5,5	1885	139	13,6
<i>Forsøg nr. 11. 3. slæt, 98 pct. hundegræs, 2 pct. rødkløver</i>										
	25/8	680	120	29,2	89,7	664	4,0	1601	123	13,0
<i>Forsøg nr. 12. 3. slæt, lucerne</i>										
	25/9	800	125	22,1	88,1	553	4,5	1964	151	13,0
<i>Forsøg nr. 13. 3. slæt, 55 pct. rødkløver, 45 pct. græs</i>										
	28/9	680	120	26,0	88,1	544	4,7	1548	127	12,2

En nøjagtig vurdering af tørvareproduktionens afhængighed af nedtørningsgraden kræver samme tørstofprocent i afgrøden og samme olieforbrug pr. time ved de forskellige nedtørningsgrader. En betydelig del af den meget lavere tørvareproduktion i led b2 i forsøg 5 og i led a2 og b2 i forsøg 6 skyldes lavere tørstofindhold i afgrøden. I led b2 i forsøg 6 er der samtidig et noget lavere olieforbrug pr. time.

Forskelle i afgrødens tørstofindhold har naturligvis også indvirkning på differencen i tørvareproduktionen ved forskellige indgangstemperaturer (forsøg 4-7). En væsentlig del af forskellen i tørvareproduktionen mellem leddene a2 og b1 i forsøg 5 og 7 skyldes således de ret store forskelle i afgrødens tørstofindhold. Forskellen i vandfordampning pr. kg tørstof bliver særlig stor i disse forsøg, fordi afgrødens tørstofindhold ligger på et ret lavt niveau (figur 3).

Vandfordampningen pr. kg olie er steget væsentligt ved stigende indgangstemperatur (forsøg 4-7) og faldet ved forøget tørstofindhold i briketterne (forsøg 4-6).

Tørstoftab

De i tabel 1 anførte tørstoftab omfatter tab fra afgrødens aflevering på fordelerbordet til briketternes opsamling i kølevogn. I gennemsnit af de i tabellen anførte 28 tabsbestemmelser udgør tørstof-tabet 7,6 pct.

En stor del af tørstofabet fremkommer som tab af støv, men der forekommer antagelig også tab ved forbrænding. En tydelig forbrænding (svidning) forekom i de stubrester, der fandtes i efterafgrøden i forsøg 7.

Tørstofab i form af støv fremkommer ved, at materiale suges med tørreluft ud af tromlen eller blæser bort ved briketteringen og ved tørvarens transport til kølevogn.

De store tab i forsøg 4 skyldes sikkert først og fremmest, at der er blæst meget materiale bort ved briketternes fald fra transportør til kølevogn, dette gælder især led b2, hvor briketterne havde stor tendens til smuld- og støvdannelse på grund af den ret stærke nedtørring. Et ret stort støvtab er endvidere iagttaget i led a1 og b1 i forsøg 5 samt i led 1 i forsøg 10. At der er mindre tab i led

2 end i led 1 i forsøg 10 skyldes antagelig, at der er sket en binding af støv ved melassetilsætningen.

En del af de ret store tab ved de to første høst-tider i hestebønne skyldes saftafløb, idet der sivede saft fra afgrøden, medens den lå på fordelerbordet.

Af følgende oversigt, der viser tabene ved henholdsvis laveste og højeste indgangstemperatur (a og b) og ved henholdsvis laveste og højeste tørstofprocent i briketterne (1 og 2) i forsøg 4-6, ses, at der i alle forsøg er målt størst tørstofab ved højeste indgangstemperatur, medens der kun i forsøg 4 er målt størst tørstofab ved højeste tørstofprocent i briketterne.

Forsøg nr.	Tørstofab i pct.			
	a	b	1	2
4	8,6	16,2	10,5	14,2
5	7,3	10,1	10,5	6,9
6	1,6	5,8	3,9	3,5
Gns.	5,8	10,7	8,3	8,2

Forsøg 7 viser i lighed med forsøg 4-6 det største tørstofab ved højeste indgangstemperatur.

Undersøgelser vedrørende snitningens indflydelse på tørstofabet

Ved tørring af afgrøder, der forelå i henholdsvis dårligt snittet (meget trævlet) tilstand og i en fint snittet tilstand, havde briketterne fra de dårligt snittede afgrøder et mere branket udseende end briketterne fra de fint snittede afgrøder, og tørstofabet var i gennemsnit noget større i de dårligt snittede afgrøder.

Indgangs- tempera- tur ° C	Tørstofab i pct.	
	dårlig snitning	fin snitning
750	5,4	2,4
620	0,9	2,2
860	6,8	2,5
840	12,6	÷ 1,1
Gns.....	6,4	1,5

Tabene i de dårligt snittede afgrøder varierede temmelig meget, hvorimod tabene i de fint snittede afgrøder i alle forsøgene lå på et lavt niveau.

Ændringer i afgrødernes indhold og fordøjelighed af organisk stof og råprotein samt tab af disse stoffer

Analyseresultaterne i tabel 2 viser kun meget små forskelle i tørstoffets gennemsnitlige indhold af organisk stof og råprotein i henholdsvis afgrøde og briketter, og af ligningerne i tabel 3 ses, at der er fundet stærk korrelation og hælningskoefficienter på meget nær 1 ved beregning af den lineære sammenhæng mellem indholdet af disse stoffer i afgrøde og briketter. Med næsten samme indhold i afgrøde og briketter bliver de relative tab af organisk stof og råprotein af næsten samme størrelse som tørstoftabet.

Fordøjelighedskoefficienterne er i forsøg 4-10 bestemt med mindre sikkerhed end i forsøg 11-13, idet der i de førstnævnte forsøg kun er anvendt ét får pr. fordøjelighedsforsøg, medens der i forsøg 11-13 er anvendt 2 får pr. fordøjelighedsforsøg.

Fordøjelighedskoefficienterne for organisk stof og råprotein er i gennemsnit af de i tabel 2 anførte forsøg henholdsvis 1,5 og 5,4 enheder mindre i briketterne end i afgrøden, men der er store afvigelser fra disse gennemsnitstal, især med hensyn til råproteinets fordøjelighed.

De store forskelle på nedgangen i råproteinets fordøjelighed, der er mellem led b1 og b2 i forsøg 4, synes ikke at kunne begrundes med forskelle i afgrøderne eller disses forsøgsmæssige behandling. En ekstrem stor nedgang i råproteinets fordøjelighed er fundet ved de to første høsttider i forsøg 8.

Af fordøjelighedskoefficienterne i tabel 4 ses ved sammenligning af tørring ved forskellige indgangstemperaturer (led a og b) i forsøg 4-6, at der er fundet noget lavere fordøjelighedskoefficienter i briketterne, der er tørret ved højeste indgangstemperatur (led b), medens der kun er fundet ubetydelige forskelle i fordøjelighedskoefficienterne i briketterne med forskelligt tørstofindhold (led 1 og 2).

Tabene af tørstof, fordøjelig organisk stof og fordøjelig råprotein er i gennemsnit af de i tabel 2 anførte forsøg henholdsvis 7,6, 9,5 og 15,0 pct. I beregning af tab af fordøjelig organisk stof og fordøjelig råprotein indgår dels tørstoftab og dels ændring i indhold og fordøjelighed af organisk

stof og råprotein. Da det gennemsnitlige indhold af organisk stof og råprotein kun er ubetydeligt lavere i briketterne end i afgrøden (tabel 2), og da de relative tab af organisk stof og råprotein som følge deraf er af næsten samme størrelse som tørstoftabet, er den del af tabene af fordøjelig organisk stof og fordøjelig råprotein, der ikke skyldes tørstoftab, hovedsagelig forårsaget af nedgang i fordøjelighed.

Ændring i kemisk sammensætning og fordøjelighed har i gennemsnit medført tab af fordøjelig organisk stof og fordøjelig råprotein på henholdsvis 1,5 og 1,1 kg pr. 100 kg tørstof i afgrøde, og 73 pct. af den del af tabet af fordøjelig organisk stof, der ikke skyldes tørstoftab, er således forårsaget af nedgang i indhold af fordøjelig råprotein.

Brikettering

De anvendte afgrøder har udvist stor variation med hensyn til at kunne presses til sammenhængende briketter. Generelt giver bælglplanter mere sammenhængende og hårde briketter end græs, og unge afgrøder briketteres lettere end ældre. Hundegræs er vanskelig at brikettere, men ved tilsætning af få pct. melasse har det også været muligt at fremstille sammenhængende briketter af afgrøder med stort indhold af hundegræs.

Tørvareproduktion og kapitalomkostninger i relation til indgangstemperatur

For at opnå bedst mulige sammenligningsgrundlag m.h.t. indgangstemperaturens indflydelse på tørvareproduktionen i forsøg 4-7 er der på grundlag af vandfordampningen pr. time ved henholdsvis laveste og højeste indgangstemperatur og afgrødens gennemsnitlige tørstofindhold i hver af de fire forsøg foretaget en beregning af, hvor mange kg tørstof pr. time vandfordampningen svarer til ved tørring til 88 pct. tørstof i briketterne. I tabel 5 er den beregnede tørvareproduktion samt tab af fordøjelig organisk stof anført som gennemsnit af de fire forsøg. De i tabellen anførte kapitalomkostninger er beregnet på grundlag af 1500 driftstimer pr. år, investering på 250.000 kr., afskrivning over 7 år samt 10 pct. rente.

Tabel 2. Analyseresultater og fordøjelighedskoefficienter samt tab af fordøjeligt organisk stof og fordøjeligt råprotein

Led		pct. af tørstof			Fordøjeligheds- koefficienter		Tab i pct.	
		org. stof	råprotein	sand	org. stof	råprotein	ford.	ford.
Forsøg nr. 4. 1. slæt, 30 pct. rødchl., 70 pct. timothe + engsv. + alm. rajgr.								
a 1	Afgrøde	90,6	15,2	1,5	77,7	72,4		
a 1	Briketter	90,6	15,0	1,4	77,8	67,6	6,7	14,1
a 2	Afgrøde	91,5	14,7	0,9	77,9	72,9		
a 2	Briketter	91,6	14,1	0,9	76,7	62,7	11,6	26,0
b 1	Afgrøde	91,3	15,1	1,1	81,5	76,4		
b 1	Briketter	91,5	14,8	0,9	75,5	57,9	20,3	36,3
b 2	Afgrøde	90,9	14,3	1,2	71,4	64,3		
b 2	Briketter	90,9	14,6	1,0	76,8	63,0	11,9	18,1
Forsøg nr. 5. 60 pct. stålhavre, 31 pct. foderært, 9 pct. ukrudt								
a 1	Afgrøde	90,0	19,2	0,9	71,0	79,0		
a 1	Briketter	89,5	18,8	1,0	71,3	74,8	9,0	15,5
a 2	Afgrøde	89,9	18,1	1,6	73,0	78,9		
a 2	Briketter	89,0	17,6	1,3	69,8	72,3	10,7	16,0
b 1	Afgrøde	90,1	18,2	1,1	72,1	76,9		
b 1	Briketter	89,8	18,5	1,4	68,4	68,9	16,8	19,9
b 2	Afgrøde	88,8	17,9	2,4	72,3	78,2		
b 2	Briketter	88,4	17,2	2,4	69,8	70,4	11,7	20,5
Forsøg nr. 6. 2. slæt, 80 pct. hundegræs, 10 pct. alm. rajgræs, 10 pct. rødchl.								
a 1	Afgrøde	90,8	20,6	0,8	70,1	72,5		
a 1	Briketter	90,7	20,4	0,8	74,0	73,0	÷ 2,6	3,0
a 2	Afgrøde	90,2	21,2	1,2	66,4	69,7		
a 2	Briketter	90,7	20,6	0,6	71,4	73,1	÷ 7,6	÷ 1,4
b 1	Afgrøde	90,5	20,8	1,0	74,1	77,5		
b 1	Briketter	90,5	21,1	0,8	71,1	71,3	8,9	11,4
b 2	Afgrøde	90,4	20,6	1,1	69,8	74,9		
b 2	Briketter	90,6	20,1	0,7	72,7	70,3	2,4	14,4
Forsøg nr. 7. Efterafgrøde, ital. rajgræs								
a	Afgrøde	89,4	18,7	3,9	75,7	72,3		
a	Briketter	89,4	18,6	3,7	70,7	64,7	15,6	19,5
b	Afgrøde	89,7	18,3	3,7	71,5	69,3		
b	Briketter	89,2	18,6	3,7	69,3	63,3	16,1	19,1
Forsøg nr. 8. Byg								
1	Afgrøde	94,0	13,5	0,8	75,5	65,6		
1	Briketter	93,9	13,1	0,7	71,4	45,9	11,4	36,3
2	Afgrøde	94,4	11,9	0,9	75,9	70,2		
2	Briketter	94,3	11,9	0,9	66,7	53,0	14,8	26,7
3	Afgrøde	95,4	9,7	1,0	73,8	59,6		
3	Briketter	95,2	9,6	1,1	72,0	59,9	5,4	3,3
Forsøg nr. 9. Hestebønne								
1	Afgrøde	91,1	23,0	1,0	78,4	76,5		
1	Briketter	90,8	23,8	1,0	75,2	73,2	20,5	17,6

Led		pct. af tørstof			Fordøjeligheds- koefficienter		Tab i pct.	
		org. stof	råprotein	sand	org. stof	råprotein	ford. org. stof	ford. råprotein
2	Afgrøde	92,4	19,0	1,2	72,6	71,5		
2	Briketter	91,2	19,4	1,9	69,4	70,6	15,8	10,1
3	Afgrøde	91,5	16,3	2,6	73,2	69,1		
3	Briketter	91,3	15,9	2,8	67,9	64,5	7,2	8,7

Forsøg nr. 10. 3. slæt, 90 pct. hundegræs, 10 pct. rødkløver

Led 2 tilsat 3 pct. melasse ved briketteringen

1	Afgrøde	90,0	20,0	2,0	68,7	67,7		
1	Briketter	90,1	20,1	1,5	69,6	71,0	10,1	6,6
2	Afgrøde	89,7	20,4	1,7	68,7	71,8		
2	Briketter	89,6	20,6	1,6	69,4	70,3	4,6	6,6

Forsøg nr. 11. 3. slæt, 98 pct. hundegræs, 2 pct. rødkløver

	Afgrøde	89,9	23,3	1,1	69,5	74,0		
	Briketter	89,8	23,0	1,0	70,0	71,5	3,4	8,4

Forsøg nr. 12. 3. slæt, lucerne

	Afgrøde	90,0	24,3	0,5	71,0	78,5		
	Briketter	89,8	24,1	0,4	67,2	73,3	9,8	11,6

Forsøg nr. 13. 3. slæt, 55 pct. rødkløver, 45 pct. græs

	Afgrøde	89,8	20,1	2,5	71,1	72,7		
	Briketter	89,5	20,6	2,4	71,7	70,1	4,2	5,8

Gns.	Afgrøde	90,9	18,2	1,5	72,9	72,5		
Gns.	Briketter	90,7	18,1	1,4	71,4	67,1		

Tabel 3. Regressionsligninger

n	$\bar{x}$	s	$\bar{y}$	s	Regressionsligning	r	$S\bar{y}$
<i>x = % organisk stof i afgrøde. y = % organisk stof i briketter</i>							
25	90,9	1,6	90,7	1,6	$Y = 0,13 + 0,996x$	0,98***	0,35
<i>x = % råprotein i afgrøde. y = % råprotein i briketter</i>							
25	18,2	3,6	18,1	3,7	$Y = \div 0,44 + 1,02x$	0,99***	0,40

Tabel 4. Fordøjelighedskoefficienter i briketter

Forsøg nr.	Organisk stof				Råprotein			
	a	b	1	2	a	b	1	2
4	77,3	76,2	76,7	76,8	65,2	60,5	62,8	62,9
5	70,6	69,1	69,9	69,8	73,6	69,7	71,9	71,4
6	72,7	71,9	72,6	72,1	73,1	70,8	72,2	71,7
Gns.	73,5	72,4	73,1	72,9	70,6	67,0	69,0	68,7

Tabel 5. Tørvareproduktion, tab af fordøjelig organisk stof og kapitalomkostninger

	Laveste temp.	Højeste temp.
Tørstof pr. time	411 kg	621 kg
	pr. 100 kg tørstof	
Tab af fordøjelig organisk stof	5,1 kg	8,7 kg
Kapitalomkostninger	8,33 kr.	5,51 kr.

Beregnet pr. 100 kg tørstof er der en nedsættelse af kapitalomkostningerne på 2,82 kr. og et forøget tab af fordøjelig organisk stof på 3,6 kg ved højeste indgangstemperatur. Nedsættelsen af kapitalomkostningerne andrager således 78 øre pr. kg ekstra tab.

En samlet vurdering af tørringsomkostningerne ved forskellige indgangstemperaturer er vanskelig at gennemføre, idet for eksempel tørring ved lav temperatur i en periode med stor græsproduktion i forhold til tørreriets kapacitet kan medføre ekstra tab i form af nedsat produktion og forringet kvalitet af afgrøderne på marken grundet for sent høsttidspunkt.

Summary

Experiments in artificial drying were carried out at the State Experimental Station at Ødum in 1970. In all experiments the drying plant Taarup Unidry TU 22 was used.

Production of dried material, oil consumption and loss of dry matter were determined in 13 experiments (table 1).

In experiment 4-13 the digestibility of green crop and dried material was determined with sheep.

In 4 experiments the green crop was dried at different inlet temperatures, and in 3 of those experiments it was aimed to make wafers with different dry matter content according to the following plan:

- Lowest inlet temperature
- Highest inlet temperature
- About 88 % dry matter in wafers
- About 92 % dry matter in wafers

The drying plant was adjusted by drying of crop from the same field as the experimental crop, but in the time available (about 1/2 hour) it was not in all cases possible to obtain the aimed dry matter content in the wafers.

In experiments where the best possible utilization of the driers capacity was obtained, the production of dry matter in the wafers varied from about 500 kg. to about 750 kg. per hour.

On an average of 25 examinations there was only negligible differences between fresh and dried material as regards the content of organic matter and crude protein. The digestibility of organic matter decreased with 1.5 units, which was mainly caused by a decrease in digestibility of crude protein with 5.4 units (table 2). The losses of dry matter, digestible organic matter and digestible crude protein were in average respectively 7.6%, 9.5% and 15.0%. The losses were extremely large in experiments where a large loss of dust and a scorching were noticed. Moreover the losses were large in 2 experiments where seepage was noticed from the crop before drying. In the experiments with different inlet temperature and different dry matter content in wafers the losses increased with increasing temperature, but in average drying to different dry matter content caused no difference in the losses.

III. Arbejds- og kapacitetsmålinger ved Ørritslevgaard

Undersøgelsernes gennemførelse og omfang

Der blev gennemført tidsstudier over alt arbejde i forbindelse med aflæsning af afgrøden i fordelerbord og betjening af anlæg, ligesom der også blev gennemført specielle tidsstudier over høstning og transport af grønmasse og aflæsning af briketter.

I forbindelse med tidsstudiernes gennemførelse blev alle læs vejjet, og af hver læs blev udtaget en prøve til tørstofbestemmelse, dette gælder såvel råvare som briketter.

Hver gang anlæggets oliefyrr blev startet og standset, blev olieforbruget registreret. Ved el-drevne anlæg blev strømforbruget endvidere aflæst 1 gang daglig.

I de perioder undersøgelserne blev gennemført, måltens luftens temperatur og relative fugtighed, samt eventuel nedbør.

Efterfølgende oversigt viser undersøgelsernes omfang i 1970. På Uur Hedebrug har undersøgelserne omfattet 4 slæt, men på grund af tekniske uheld med de transportable vognvægte er resultatet af tidsstudierne fra 2. og 3. slæt udeladt.

	Antal observationer			
	1. slæt	2. slæt	3. slæt	4. slæt
Statens Gårde.....	2	2	2	—
Uur Hedebrug.....	2	2	2	4
Ørritslevgaard.....	—	3	—	3

På Statens Gårde og Uur Hedebrug var afgrøden, der blev tørret, kløvergræs, medens den på Ørritslevgaard var lucerne og ital. rajgræs (efterafgrøde).

Resultat af tidsstudierne

Ved tidsstudiernes gennemførelse blev arbejdet opdelt i deloperationer, og tiden for den enkelte deloperation måles med 1/100 minuts (centiminut) nøjagtighed.

Pasning af anlæg

For hver dag anlægget benyttes, forekommer der arbejder i forbindelse med tørreanlæggets start.

Tabel 6. Arbejdsforbrug ved start af anlæg.
Centimin. daglig

	Gennemsnit	Variation
Klargøre anlæg.....	464	15-1547
Smøre anlæg.....	974	273-1985
Start af anlæg.....	686	377-1650
Tilsyn og justering ved start..	1398	950-2460
I alt.....	3522	2380-5435

Det fremgår af tabel 6 og de efterfølgende tabeller, at arbejdsforbruget i forbindelse med de enkelte arbejdsoperationer har varieret meget. Disse store variationer i arbejdsforbruget har ingen påviselige årsager og må derfor bero på tilfældighederne.

Ifølge tabel 6 kan der påregnes et arbejdsforbrug ved selve starten af anlægget på godt 35 mandmin. daglig, varierende fra 24 til 54 mandmin., under forudsætning af, at anlægget kun startes én gang daglig.

Når anlægget er startet op, indkobles automatikken efter en ca. 15 minutters tid. Der skal dog under driften føres et vist tilsyn med anlægget og en justering af dette.

Tabel 7. Arbejdsforbrug ved pasning af anlæg.
Centimin. pr. ton briketter

	Gennemsnit	Variation
Tilsyn og justering af anlæg..	1045	507-2208
Stop og start af anlæg under drift.....	426	0-1493
Andre arbejder.....	1430	214-2330
I alt.....	2901	1033-4868

Tabel 7 viser arbejdsforbruget ved de løbende pasningsarbejder i centiminutter pr. ton producerede briketter. Også her udviser arbejdsforbruget store variationer.

Stop og start af anlæg under drift skyldes forskellige driftsforstyrrelser på anlægget, oftest som følge af for høj temperatur i tørreluften, hvorved sikkerhedstermostaten i tromlen har afbrudt oliefyret.

Andre arbejder omfatter oprydning, tilsyn med kølevogn, vandbestemmelse i briketter m.m.

Det fremgår af tabel 7, at arbejdsforbruget i forbindelse med pasning af tørreanlægget under drift i gennemsnit har andraget 29 mandmin. pr. ton briketter varierende fra godt 10 mandmin. til ca. 50 mandmin. pr. ton.

Udover de ovenfor nævnte arbejder skal tørretromlen smøres 2-3 gange daglig under driften. Tiden, der medgår hertil, andrager i gennemsnit 560 centimin. pr. gang. Endvidere skal briketterne i kølevognen køres til lager. Arbejdsforbruget i forbindelse hermed har i gennemsnit andraget 1291 centimin. pr. gang.

Ved arbejdstidens ophør skal anlægget standses. Arbejdsforbruget herved er vist i tabel 8.

Tabel 8. Arbejdsforbrug ved afslutning.
Centimin. daglig

	Gennemsnit	Variation
Stop af anlæg.....	812	150-1193
Afslutning i øvrigt.....	137	0-267
I alt.....	949	280-1803

Når anlægget skal standses, køres det tomt. Under tømning styres tørreanlægget manuelt. Arbejdsforbruget har i gennemsnit andraget godt 8 mandmin. daglig.

Høstning, hjemtransport og aflæsning af grønmasse
Tidsstudier over høstning og hjemkørsel af grønmasse blev gennemført på Uur Hedebrug og Ørritslevgaard, ligesom der også foreligger resultater på tidsstudier offentliggjort i en kort meddelelse nr. 8: Nyere metoder ved højbærgning og ensilering.

*Tabel 9. Arbejdsforbrug ved høstning.
Centimin. pr. ha*

Udbytte, ton pr. ha	10	20	30
Høstning	9800	12400	15700
Omkobling	900	1600	2500
I alt	10700	14000	18200

De i tabel 9 anførte tal for arbejdsforbruget ved høstning er fra »kort meddelelse nr. 8«. Det fremgår heraf, at arbejdsforbruget ved høstning af grønt med finsnitter varierer fra 10700 til 18200 centimin. pr. ha afhængig af udbyttet. Omregnes arbejdsforbruget til mandmin. pr. læs, er de tilsvarende tal 22 og 13 mandmin.

Transporthastigheden varierer ifølge tidsstudierne fra 14 til 21 km pr. time, alt efter vejenes tilstand. Der kan i gennemsnit for kørsel på mark og markvej regnes med en transporthastighed på 15 km pr. time.

Tidsstudier over aflæsning af grønt i tørreanlæggets fordelerbord blev gennemført på Uur Hedebrug og Statens Gårde. Resultatet af disse tidsstudier er vist i tabel 10.

*Tabel 10. Arbejdsforbrug ved aflæsning i
fordelerbord. Centimin. pr. læs*

Klargøre til aflæsning	98
Aflæsning	102
Hjælp ved aflæsning	62
Afslutte aflæsning	117
I alt	379

Der medgår ifølge tabel 10 ca. 4 mandmin. ved aflæsning af tipvogn i tørreanlæggets fordelerbord.

Resultaterne af kapacitetsmålingerne

Der blev gennemført kapacitetsmålinger på tørreanlægget i 22 dage. Ved kapacitetsmålingerne

blev følgende data registreret:

Råvarens vægt
Råvarens tørstofindhold
Briketternes vægt
Briketternes tørstofindhold
Tørreanlæggets effektive driftstid
Olieforbrug i kg
Evt. el-forbrug

På grundlag af disse data er der i tabel 11 foretaget en beregning af tørreanlæggets kapacitet for de enkelte perioder og afgrøder.

Af tabel 11 fremgår, at tørreanlæggets kapacitet udtrykt i kg briketter produceret pr. driftstime for kløvergræs har varieret fra 395 kg til 746 kg alt efter råvarens tørstofindhold. For lucerne synes kapaciteten at ligge noget højere nemlig fra 630 til 857 kg, medens den for ital. rajgræs som efterafgrøde er 661 kg.

Den i tabellen anførte procentsats for svind i tørstof omfatter små partikler bortført med tørreluften, briketter, der ikke er opsamlet, spild i forbindelse med start og stop af anlæg m.m. Det fremgår af tabellen, at pct. spild i tørstof har varieret fra 1,9% til 15,4%, hvilket er sammenstemmende med resultaterne fra statens forsøgsstation ved Ødum.

Når der ud for perioderne 21-22/7 og 24-25/8 ikke står anført nogen vægtangivelse for råvaren, og der derfor heller ikke er foretaget nogen beregning af svindet, skyldes det som tidligere nævnt, at de transportable vognvægte svigtede.

Det bedste udtryk for anlæggets tørreøkonomi fås ved beregning af olieforbruget pr. produceret mængde tørstof i briketter. Det fremgår af tabellen, at kg olie pr. hkg tørstof i briketter har varieret fra 21,8 til 58,0 i de enkelte perioder. For nærmere at belyse årsagen til denne variation, er olieforbruget pr. hkg tørstof sammenlignet med råvarens tørstofindhold. En sådan sammenligning er vist i fig. 4.

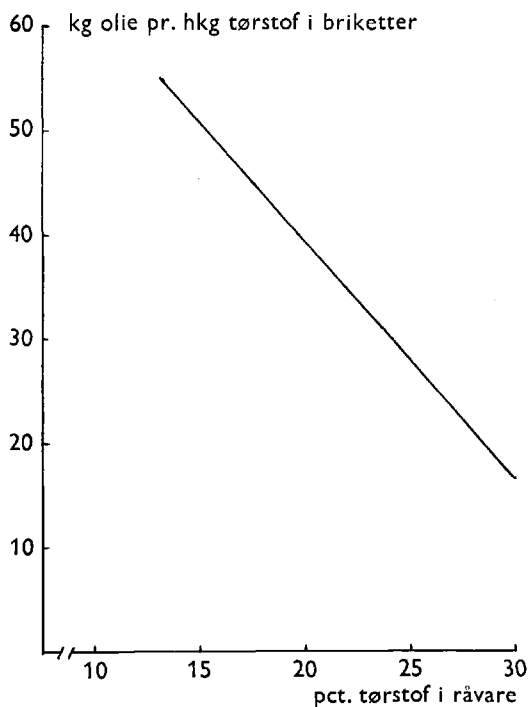
En beregning af den lineære sammenhæng kan udtrykkes ved ligningen:

$$y = \div 2,3 x + 85,8, r = \div 0,93 (10 > x > 30)$$

hvor y er olieforbruget i kg pr. hkg tørstof i briketter og x er pct. tørstof i råvare.

Tabel 11. Resultat af kapacitetsmålinger. Taarup Unidry 1970

Periode	kg råvare	% tørstof i råvare	kg tørstof i råvare	kg bri-ketter	% tørstof i bri-ketter	kg tørstof i bri-ketter	% svind i tørstof	kg olie-forbrug	Anlæg-gets drifts-tid min.	kg bri-ketter pr. time	kg olie pr. time	kg olie pr. hkg tørstof
<i>Kløvergræs:</i>												
3-4/6	50900	19,6	9970	10070	87,3	8792	11,8	3064	997	607	185	34,8
10/6	15085	31,9	4811	4590	93,6	4296	10,7	938	369	746	153	21,8
21-22/7	—	20,1	—	11910	88,3	10516	—	3744	1141	625	197	35,6
28-29/7	48820	13,3	6490	6530	84,8	5538	14,7	3087	901	435	206	55,7
24-25/8	—	20,5	—	13710	89,9	12325	—	4489	1427	576	189	36,4
15-16/9	23180	15,8	3662	3930	86,7	3406	13,3	1890	535	441	212	55,5
2-5/11	94430	13,8	13034	12880	85,8	11051	15,4	6413	1958	395	196	58,0
<i>Lucerne:</i>												
16-18/6	102330	27,3	27892	28360	89,6	25408	10,4	5696	1987	857	183	22,4
2/11	17350	20,6	3569	3710	91,2	3385	5,2	1380	359	620	231	40,8
<i>Ital. rajgræs (efterafgrøde):</i>												
4-6/11	29940	19,5	5825	6180	92,5	5716	1,9	2141	561	661	229	37,5



Figur 4. Sammenhæng mellem pct. tørstof i råvare og olieforbrug udtrykt i kg olie pr. hkg tørstof i briketter.

Samlet arbejdsbehov

På grundlag af de i de foregående afsnit nævnte data, er det muligt at foretage en beregning af det samlede arbejdsbehov ved tørring af græsmarksafgrøder på et Taarup Unidry anlæg. For at kunne foretage en sådan beregning, er det imidlertid nødvendigt at opstille en model.

Forudsætningen for arbejdsmodellen er følgende:

- Afgrødens størrelse er 20 tons pr. ha
- Kapaciteten er 600 kg briketter pr. time
- Læsstørrelsen er 2200 kg grønmasse
- Afstand til mark 500 meter
- Gennemsnitlig transporthastighed 15 km/time
- 1 mand forestår såvel høstning, hjemtransport, aflæsning, betjening af anlæg samt kørsel af briketter til lager.

Ved arbejdets begyndelse hentes først 2 læs grønt, hvorefter anlægget startes. Den første halve time betjenes anlægget manuelt, siden kører anlægget på automatikken. Der kan dog forekomme genstart af anlægget, oftest som følge af, at sikkerhedstermostaten i tromlen har afbrudt oliefyret.

I gennemsnit forekommer genstart af anlægget 1 gang pr. 2000 kg producerede briketter.

Ifølge den opstillede arbejdsmodel er det muligt at »køre« tørreanlægget én-mandsbetjent under de her givne forudsætninger. På en 8-timers arbejdsdag vil der kunne produceres ca. 4000 kg briketter, såfremt en og samme mand udfører såvel høstning, hjemtransport, aflæsning, betjening af anlæg som kørsel af briketter til lager. Øges afstanden til marken udover det i arbejdsmodellen fastsatte, eller ønskes der større produktion af briketter pr. tidsenhed, vil det være nødvendigt at beskæftige 2 mand ved tørreanlægget. Er afgrøden mindre end de 20 tons grønt pr. ha, øges tiden, der medgår til høstning i marken, hvorfor det også i sådanne tilfælde vil være nødvendigt at beskæftige 2 mand.

Litteratur

- Dijkstra, N. D. og Sprenger, J. J. I.*, 1955: Proefnemingen over de achteruitgang van de verteerbaarheid bij het kunstmatig drogen van luzerne. Versl. Landbouwk. Onderz. 61. 11.
- Israelsen, M., Holm Christensen, B. og Sonne Frederiksen, P.*, 1966: Kunstig tørring af grønafrøder II. Beretning nr. 42 fra Forskningsinstituttet for Handels- og Industriplanter, Kolding.
- Kristensen, V. Friis og Sørensen, M.*, 1968: Forsøgslaboratoriets årbog 1968. 440-471.
- Sørensen, M.*, 1969: Forsøgslaboratoriets årbog 1969. 286-303.
- Laube, W. og Henk, G.*, 1968: Untersuchungen zur Heislufdtrocknung von Grünfütter. Archiv für Tierernährung. 18. 1968.

Manuskript modtaget i redaktionen den 9. august 1971.