



### Lufttætte siloers kapacitet af græs- og byghelsædsensilage

Hans Otto Pedersen og Vagn Østergaard  
Afdelingen for forsøg med kvæg og får

Lufttætte siloers kapacitet af græs- og byghelsædsensilage er undersøgt i henholdsvis 9 og 4 »siloår«. Registreringer og beregning af totalindholdet af tørstof i hver enkelt silo er grundlaget for kapacitetsberegningerne. Kapaciteten er fundet at være afhængig af den gennemsnitlige tørstofprocent i det indlagte materiale samt af ensilagehøjden. Med stigende tørstofprocent reduceres kapaciteten mest ved lavere og mindst ved større ensilagehøjde p.g.a., at sammenpresningsgraden ændres i samme retning som ensilagehøjden. Resultaterne udtrykkes i følgende funktioner, hvor  $y = \text{kg tørstof/m}^3$ ,  $x_1 = \text{tørstofprocent}$  ( $35 \leq x_1 \leq 60$  for græsensilage,  $35 \leq x_1 \leq 40$  for byghelsædsensilage) og  $x_2 = \text{ensilagehøjde i m}$  ( $4 \leq x_2 \leq 18$ ):

Græsensilage:

$$y = (255 - 2,7x_1) + 6,7x_2$$

Helsædsensilage:

$$y = (316 - 4,7x_1) + 5,3x_2$$

Kapaciteten af FE/m<sup>3</sup> er beregnet ved varierende foderværdi, d.v.s. FE/kg tørstof. Da mængden af tørstof/m<sup>3</sup> ikke er fundet at være afhængig af FE/kg tørstof, bliver indholdet af FE aftagende med aftagende foderværdi. Dette belaster yderligere de i forvejen høje opbevaringsomkostninger i lufttæt silo. Disse stiger således 33 pct., når der medgår 1,6 mod 1,2 kg tørstof/FE.

Opbevaringsomkostningerne pr. FE ensilage afhænger af investeringen pr. m<sup>3</sup> silo, siloens fyldning samt foderværdien af ensilagetørstoffet. Med samme foderværdi bliver opbevaringsomkostningerne pr. FE ensilage ca. 80 pct. større ved investering i f.eks. en 15 m høj silo end i en 20 m høj silo. Denne størrelsesøkonomiske fordel er – alt andet lige – betinget af: a) lavere investering pr. m<sup>3</sup> silo, b) større procentvis fyldning og c) større indhold af FE/m<sup>3</sup> ensilage.

#### Baggrund og mål

I slutningen af 60'erne var de første lufttætte siloer blevet bygget i Danmark, og på grund af disses tekniske muligheder og økonomiske begrænsninger blev der allerede i årene 1968–71 foretaget undersøgelser over sådanne siloers foder-

kapacitet af græsensilage (Østergaard 1969, 1971a og 1971b). Disse undersøgelser er her fulgt op for yderligere at fastlægge disse siloers kapacitet til støtte for beregning af konkurrenceevnen over for anden opbevaring. Da opbevaringsomkostningerne pr. FE ensilage i forskellige silotyper er

meget afhængig af, hvor meget foder siloen kan rumme, er det væsentligt at fastlægge mængden af græs- og helsædsensilage i lufttætte siloer med bundudtager.

### Materialer og metoder

Nærværende undersøgelse er baseret på data fra helårsforsøgsbrugene Lille Ørritslevgård (H 20), Bygholm Landbrugsskole (H 30), Ålkjærgård (H 36), Fredenslund (H 55) samt Trollesminde (Tr.) vedrørende græsensilage (1968-73) og på helårsforsøgsbrugene Lysgård (H 32-2), St. Vindinggård (H 35-8), Elmelund (H 41-2) og Skindelhøj (H 62-8) vedrørende byghelsædsensilage (1978-80) lavet af ikke-forvejret afgrøde.

Ensilagens tørstofprocent og ensilagehøjde er for hvert enkelt »siloår« vist i tabel 1.

**Tabel 1. Gennemsnit og variation i ensilagens tørstofprocent samt ensilagehøjde ved målingernes begyndelse**

Silo	Tørstofprocent		Ensilagehøjde (m) ved begyndelse
	Gens.	(min. - max.)	
<i>Græsensilage</i>			
H 55	53,2	(50,0 - 58,0)	9,8
H 36	60,7	(53,0 - 69,3)	12,0
Tr.	35,0	(34,0 - 36,2)	13,1
Tr.	36,3	(31,7 - 44,5)	13,3
H 20	42,1	(37,2 - 54,0)	18,4
H 30	43,2	(30,0 - 60,5)	14,0
H 55	55,2	(48,0 - 64,0)	13,3
Tr.	38,5	(31,4 - 43,8)	9,9
H 55	46,9	(44,7 - 50,7)	13,1
<i>Helsædsensilage</i>			
H 62-8	34,9	(32,1 - 39,3)	20,5
H 32-2	39,1	(34,5 - 43,0)	17,6
H 35-8	40,0	(39,0 - 40,8)	12,9
H 41-2	38,7	(29,9 - 42,5)	15,8

Til beregning af siloernes kapacitet blev følgende registreringer og analyser foretaget:

- daglig/ugentlig vejning af udtaget ensilage-mængde
- måling af ensilagehøjden ca. hver 4. uge (fra 5 til 13 gange pr. silo)
- tørstofanalyser m.m. løbende af udtaget ensilage.

Beregning af den udtagne mængde tørstof er foretaget såvel mellem hver måling af ensilagehøjden som ved opsummering af disse mængder til total udtaget mængde fra siloen.

Beskrivelsen af siloernes foderkapacitet fandtes mest hensigtsmæssig ved en kvadratkfunktion, hvor totalindholdet er en funktion af tørstofprocent og ensilagehøjde. Ved denne beregning blev den totale udtagne mængde tørstof i hver silo korrigeret til et givet grundareal, idet kapaciteten af kg tørstof/m<sup>3</sup> kunne forudsættes at være uafhængig af siloens grundareal.

Beregningerne er foretaget på basis af den gennemsnitlige tørstofprocent, idet det ikke har været muligt at tage hensyn til variationen i tørstofprocent (tabel 1) i den enkelte silo over året.

### Resultater

Ved beregning af siloernes foderindhold er anvendt samme model for de 9 og 4 »siloår« med henholdsvis græs- og byghelsædsensilage, og funktionerne blev følgende:

*Græsensilage:*

$$y = (255 - 2,7x_1) + 6,7x_2$$

*Byghelsædsensilage:*

$$y = (316 - 4,7x_1) + 5,3x_2$$

hvor

$$y = \text{kg tørstof/m}^3$$

$x_1 =$  tørstofprocent,

$$35 \leq x_1 \leq 60 \text{ græsensilage}$$

$$35 \leq x_1 \leq 40 \text{ byghelsædsensilage}$$

$$x_2 = \text{ensilagehøjde i m, } 4 \leq x_2 \leq 18$$

Resultaterne er anført i tabel 2 og 3, der viser, at en silos kapacitet er stærkt afhængig af tørstofprocent i det indlagte materiale, således at mængden af tørstof er faldende med stigende tørstofprocent. Kapaciteten er endvidere bestemt af ensilagehøjden. En stigning i tørstofprocent fra 40 til 50 i græsensilage reducerer kapaciteten af tørstof/m<sup>3</sup> med 16 pct. ved en ensilagehøjde på 4 m (fra 174 til 147 kg tørstof/m<sup>3</sup>), medens reduktionen er 10 pct. ved en ensilagehøjde på 18 m (fra 268 til 241 kg tørstof/m<sup>3</sup>) (tabel 2). Sammenpresningsgraden øver indflydelse på kapaciteten, og sammenpresningen er - udover højden - også afhængig af ensilagens vægtfylde. Vægtfylden falder med stigende tørstofprocent (øget forvejningsgrad), (Bülow Skovborg og Andersen 1976).

Ved lavere tørstofprocent end de i undersøgel-

**Tabel 2. Græsensilage. Lufttætte siloers foderkapacitet: FE/m<sup>3</sup> ensilage ved forskellig ensilagehøjde, tørstofpct. og foderværdi**

Ens. højde m	Gennemsnit								Marginal <sup>1)</sup>	
	40% ts.				50% ts.				40% ts.	50% ts.
	Kg ts/m <sup>3</sup> ensilage	Kg ts/FE			Kg ts/m <sup>3</sup> ensilage	Kg ts/FE			Kg ts/FE 1,4 FE/m <sup>3</sup>	Kg ts/FE 1,4 FE/m <sup>3</sup>
1,2		1,4	1,6	1,2		1,4	1,6			
4	174	145	124	109	147	123	105	92	148	129
6	187	156	134	117	160	133	114	100	167	148
8	201	168	144	126	174	145	124	109	186	166
10	214	178	153	134	187	156	134	117	205	186
12	227	189	162	142	200	167	143	125	224	205
14	241	201	172	151	214	178	153	134	244	224
16	254	212	181	159	227	189	162	142	262	243
18	268	223	191	168	241	201	172	151		

**Tabel 3. Byghelsædsensilage. Lufttætte siloers kapacitet: FE/m<sup>3</sup> ensilage ved forskellig ensilagehøjde, tørstofpct. og foderværdi**

Ens. højde m	Gennemsnit								Marginal <sup>1)</sup>	
	35% ts.				40% ts.				35% ts.	40% ts.
	Kg ts/m <sup>3</sup> ensilage	Kg ts/FE			Kg ts/m <sup>3</sup> ensilage	Kg ts/FE			Kg ts/FE 1,3 FE/m <sup>3</sup>	Kg ts/FE 1,3 FE/m <sup>3</sup>
1,2		1,3	1,4	1,2		1,3	1,4			
4	173	144	133	124	149	124	115	106	152	135
6	183	153	141	131	160	133	123	114	169	151
8	194	162	149	139	170	142	131	121	185	167
10	205	171	158	146	181	151	139	129	202	183
12	215	179	165	154	192	160	148	137	218	199
14	226	188	174	161	202	168	155	144	234	216
16	236	197	182	169	213	178	164	152	250	232
18	247	206	190	176	223	186	172	159		

<sup>1)</sup> Gælder for den følgende meter i højden.

sen repræsenterede er kapaciteten lavere. For græs- og byghelsædsensilage med f.eks. 30 pct. tørstof er kapaciteten tilnærmelsesvis den samme som kapaciteten ved henholdsvis 50 og 40 pct. tørstof.

Kapaciteten af FE/m<sup>3</sup> ensilage er bl.a. bestemt af følgende faktorer (Østergaard 1969):

1. Råmaterialeets tørstofindhold
2. Foderværdi (FE/kg tørstof)
3. Siloens fyldning ensilagehøjden
4. Siloens højde
5. Råmaterialeets grad af finsnitning

I tabellerne er indholdet af FE/m<sup>3</sup> beregnet ved varierende foderværdi af tørstoffet. Da mængden af tørstof/m<sup>3</sup> ensilage antages at være uafhængig

af foderværdien, bliver indholdet af FE aftagende med aftagende foderværdi.

Resultaterne for græsensilage svarer til de tidligere publicerede (Østergaard 1969, 1971a og 1971b).

I tabel 2 og 3 er desuden anført marginalindholdet af FE/m<sup>3</sup> ensilage ved forskellig tørstofprocent og ensilagehøjde. Dette har betydning i investeringssituationen, når beslutning om silotype og -højde skal træffes.

Tabel 4 viser opbevaringsomkostningerne ved varierende investering pr. m<sup>3</sup> silo, fyldning, kapacitet samt årlige omkostninger. Forudsættes en investering på 600 kr./m<sup>3</sup> silo for en 20 m høj silo (rumindhold = 840 m<sup>3</sup>), vil 90 pct. fyldning under

praktiske forhold være det normalt opnåelige, d. v. s. en ensilagehøjde på 18 m. Ved denne ensilagehøjde er kapaciteten 201 FE/m<sup>3</sup> græsensilage med 50 pct. tørstof og 1,2 kg tørstof/FE (tabel 2).

Denne investering og kapacitet resulterer i, at opbevaringsomkostningen bliver 66 øre/FE, når de årlige omkostninger er 20 pct. af investeringen. Med nøjagtig de samme forudsætninger, men med aftagende foderværdi til 1,6 kg tørstof/FE (tabel 2), kan opbevaringsomkostningerne beregnes til 88 øre/FE (tabel 4).

Ved investering i en 15 m høj silo (rumindhold = 600 m<sup>3</sup>) vil fyldningen – alt andet lige – blive lavere end for den høje silo. Derved reduceres kapaciteten og opbevaringsomkostningerne øges. Med 80 pct. fyldning af siloen er kapaciteten 167 FE/m<sup>3</sup> græsensilage med 50 pct. tørstof og 1,2 kg tørstof/FE (tabel 2). Med en investering på 800 kr./m<sup>3</sup> silo kan opbevaringsomkostningerne beregnes til 120 øre/FE – hvilket er 82 pct. større end ved investering i en 20 m høj silo – når de årlige omkostninger er 20 pct. af investeringen (tabel 4).

Udtagningskapaciteten med bundudtagere er meget varierende og afhænger bl.a. af ensilagens tørstofprocent, materialets finsnitningsgrad samt typen af bundudtager. Snitlængden må højst være 2,5 cm; ellers kan der opstå funktionsvanskeligheder ved udtagningen. I undersøgelsen indgår 2 typer bundudtagere. Den ene type har omdrejningspunkt uden for siloen (Assentoft), og den anden har fræserorganets omdrejningspunkt i siloens centrum (Harvestore).

Kapaciteten af Assentoft bundudtagere i græsensilage med 31–63 pct. tørstof er mellem 10 og 37 kg ensilage pr. min. (DLU, 1978), hvilket er i overensstemmelse med tidligere observationer på helårsforsøgsbrug. I samme undersøgelse af Harvestore bundudtagere er kapaciteten i finsnittet græsensilage med 46–62 pct. tørstof mellem 10 og 20 kg ensilage pr. min.

Uanset bundudtagertype vil der ved et stort dagligt ensilageforbrug og lav udtagningskapaci-

tet være mulighed for iltningsskader – især i ensilage med lav tørstofprocent.

**Tabel 4. Opbevaringsomkostninger, øre/FE ensilage ved varierende investering pr. m<sup>3</sup> silo, fyldning, kapacitet samt årlige omkostning**

Invest. kr./m <sup>3</sup> silo	Ens. højde Silohøjde	FE/m <sup>3</sup> ensilage <sup>1)</sup>	Årlig omkostning i pct. af investering		
			16	20	24
600	0,9	200	53	67	80
		160	67	83	100
		120	89	111	133
	0,8	200	60	75	90
		160	75	94	113
		120	100	125	150
	0,9	200	71	89	107
		160	89	111	133
		120	119	148	178
800	0,8	200	80	100	120
		160	100	125	150
		120	133	167	200
	0,9	200	89	111	133
		160	111	139	167
		120	148	185	222
1000	0,8	200	100	125	150
		160	125	156	188
		120	167	208	250

<sup>1)</sup> Jvf. tabel 2 og 3.

Sektionsleder S. P. Konggaard og afdelingsbestyrer E. Bülow Skovborg takkes for omhyggelig gennemgang af manuskriptet.

#### Litteratur

- De landbrugstekniske undersøgelser, 1978. Ørritslevgård. Kort meddelelse nr. 36, p 18–28.
- Bülow Skovborg, E. og Preben E. Andersen, 1976. Konserverede græsmarksafgrøder til malkekøer III. 5. beretning fra Fællesudvalget for Statens Planteavl- og Husdyrbrugsforsøg, p 16.
- Østergaard, V. 1969, 1971a og 1971b. 376., 389. hhv. 391. beretning fra Forsøgslaboratoriet.