



Ensilering i slang

Jämförelse mellan två ensilage- packare och mellan hackvagn och finsnittvagn

av

Thomas Pauly, Martin Knicky, Per Lingvall,
Hans Arvidsson, Rolf Spörndly

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management**

**Rapport 268
Report**

Uppsala 2007

ISSN 0347-9838
SRN SLU-HUV-R-268-SE

Innehållsförteckning

Inledning	1
Försöksupplägg	2
Provtagning och analyser	4
Bestämning av vajerspänningen.....	6
Bestämning av TS-förluster	7
Hack- och snittvagnens kapacitet	7
Packarnas kapacitet	7
Statistisk bearbetning av mätvärden.....	7
Resultat	8
Tekniska missöden.....	8
Grönmassans sammansättning	8
Ensilagens sammansättning	10
Ensilagens densitet	10
Hack- och snittvagnens kapacitet	13
Diskussion	14
Hack- och snittvagnens effekt på ensilagens kvalitet och densitet	14
Packarnas effekt på ensilagens kvalitet och densitet.....	15
Hack- och snittvagnens samt packarnas kapacitet	16
Slutsatser	17
Litteraturreferenser	17
Bilaga 1. Kort beskrivning av analysmetoderna inkl. referenser	19

Inledning

Ensilering i plastslangar introducerades i Sverige i slutet av 90-talet av en lantbrukare på Gotland (www.winlin.se). Han importerade maskiner från USA och byggde dessa om så att de passade för svenska förhållanden. Idag finns ca 6 olika fabrikat av packare i Sverige och det säljs ca 1.000 - 1.100 plastslangar per år. Räknar man med ca 1 t TS/m slang och en genomsnittlig slanglängd på 50 m, så ensileras ca 50.000 t TS vallfoder i slang varje år.

Som för alla nya ensileringsmetoder påverkar förhållandet mellan kostnader och hur tillförlitligt man kan producera högvärdigt ensilage hur användbar denna nya metod är. Brist på oberoende försöksdata om kostnader och foderkvalitet kan utgöra ett hinder för spridningen av denna ensileringsmetod. Dessutom har de förhärskande plan- och tornsilor lång livstid och kan därför inte gärna bytas ut innan de blir dåliga. Ensilagepackarna har här fördelen att de kan säljas när de inte behövs längre. Men förutom investeringen i packaren måste man ta med i beräkningen att man även behöver en hårdgjort yta för alla slangar så att man kan hämta foder även under de blöta årstider när åkermarken inte bär tyngre maskiner.

Ensilagepackare används vanligtvis tillsammans med exakthackar, men även andra bärgningsmaskiner (t.ex. snittvagnar) har ibland kommit till användningen. Att identifiera lämpliga maskinkedjor som passar slangensileringen kan vara betydelsefull för metodens spridning och popularitet.

Detta arbete planerades och genomfördes vid SLU, Institutionen för husdjurens utfodring & vård på Kungsängens forskningscentrum i Uppsala under ledning av Per Lingvall. Agronomstudenten Per Godin bistod med provtagning och bestämning av ensilageproven. Följande företag stödde detta arbete med idéer, ekonomiska bidrag och sina maskiner eller produkter:

- BAG Budissa Agroservice GmbH, Mahlschwitz, Tyskland (www.ag-bag.com): packare = AgBag G7000 Europé.
- Winlin AB, Tingstäde/Gotland (www.winlin.se): packare = Winlin 5400 (modifierad Kelly Ryan).
- Pöttinger Maschinenfabrik GmbH, Grieskirchen, Österrike (www.poettinger.at) tillsammans med Trejon AB (www.trejon.se): finsnittvagn = Pöttinger Jumbo 7200L.
- Taarup-Kverneland (www.taarup.com): slätterkross = Taarup 4032C och hackvagn = Taarup-Sahlström TS40.
- Trioplast AB, Smålandsstenar (www.trioplast.se)

De viktigaste målen med detta arbete var:

- Att upptäcka möjliga skillnader i ensilagedensitet och -kvalitet mellan de två vallmaskinerna (hackvagn kontra snittvagn).
- Att upptäcka möjliga skillnader i ensilagedensitet och -kvalitet mellan de två ensilagepackare (AgBag kontra Winlin).
- Att bestämma hur ensilagedensitet och -kvalitet påverkas av hur packarens vajerspänning justeras.
- Att bestämma skillnader i bränsleförbrukning (l/t vallfoder) och lastkapacitet mellan de två vallmaskinerna och mellan de två ensilagepackare.

Försöksupplägg

Vallen skördades den 21 juli 2004 på Kungsängens Forskningscentrum i Uppsala. En blandvall med en avkastning på ca 6,9 t TS/ha slogs i andra skörden. Vallens botaniska sammansättning och växternas mognadsstadier framgår ur Tabell 1.

Tabell 1. Botanisk sammansättning och mognadsstadium av vallväxterna som användes i försöket (FS = färsk vikt eller våtvikt).

Vallväxter	Andel, % av FS	Växternas mognadsstadium
Timotej (<i>Phleum pratense</i>)	35	Strax före blomning
Ängssvingel (<i>Festuca pratensis</i>)	35	Full blomning
Rödklöver (<i>Trifolium pratense</i>)	20	Enstaka blommor synliga
Andra (maskros, ogräs)	10	inte bestämt

Vallen slogs med en slätterkross (Taarup 4032C) och förtorkades i ca 24 tim. för att få en TS-halt av 35-40%. En Krone strängläggare användes för att vända strängarna och påskynda upptorkningen.

Vid bärningen användes två olika maskiner (Fig. 1):

- a) En finsnittvagn, Pöttinger Jumbo 7200L (behandling P), som hade 45 knivar i 34 mm avstånd samt en lastvolym på 41 m³.
- b) En hackvagn, Taarup-Sahlström TS 40 (behandling T), som bestod av en exakthackenhet (Taarup 622, 21 mm nominal hacklängd) och en Sahlström-vagn (lastvolym 37 m³).

Båda maskinerna kördes av erfaren personal utvald av respektive maskin-
återförsäljare.

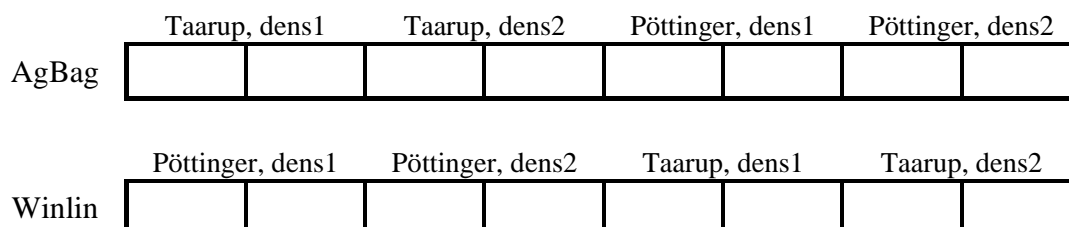
Vallfodret fylldes samtidigt i två 8 fots plastslangar (\varnothing ca 2,44 m) som låg
på plan, asfalterad mark. Slangarnas vertikala snittyta var ca 4,2 m². Den ena
slangen fylldes med den självgående AgBag-packaren (AgBag G7000 Europé)
och den andra med den traktordrivna Winlin-packaren (Winlin 5400) (Fig. 1).
AgBag-packaren var frontmatad, vilket innebär att man kan tippa lassen på
eller direkt framför packarens avlastarbord. Winlin-packaren var toppmatad,
vilket innebär att den fylldes från ovan med en lastmaskin. Båda packare kan
hanteras med endast en person. För båda packare användes 8 fots slangar
med en plasttjocklek på 250 μ m (0,25 mm), dock inte av samma fabrikat. För
AgBag-slangen användes ett eget fabrikat (AgBag) och för Winlin-tuben en
slang från Up North Plastics.



Figur 1. Maskiner som användes i försöket: AgBagger (övre vänster), Winlin bagger
(övre höger), Pöttinger finsnittvagn (nedre vänster) och Taarup-Sahlström
hackvagn (nedre höger).

I Figur 2 visas hur det var tänkt att de två slangarna skulle fyllas. Varje lass
bildade en sektion i slangens. De olika slangsektionerna hölls åtskilda genom
ett tunt skikt med kornkross (ca 900 kg/skikt). Tyvärr kunde i Winlin-
slangen endast 6 sektioner genomföras, varav endast 4 kunde användas för

utvärderingen. I AgBag-tuben producerades 9 sektioner varav 7 kunde användas för utvärderingen (se 'Tekniska missöden', s.9).



Figur 2: Fyllningsschema för Winlin- och AgBag-slangarna med de enskilda slangsektionerna; dens1 = låg eller normal densitet, dens2 = hög densitet.

Grönmassan från hack- och snittvagnen packades i slangarna med två densiteter; dels med låg eller normal densitet (dens1) eller med hög densitet (dens2). Den första sektionen användes för att justera in den avsedda densiteten och först i den andra sektionen genomfördes diverse mätningar. En högre densitet i ensilaget kunde åstadkommas genom att öka vajerspänningen på de två stålvajrarna som löper på var sida av packaren. Vajrarna fäste i ena änden på en stor stålram som tjänade som mothåll och i andra änden på två trummor på packaren som lindade av vajern när motståndet blev för stort (se Fig. 5). Packaren trycktes då framåt när trycket i slangen blev större än bromstrycket på trummorna. Genom att justera bromstrycket på trummorna kan man variera densiteten i slangen.

Provtagning och analyser

Grönmassan

Under tiden slangarna fylldes togs sex prov à ca 600 g från varje hackvagnsglass och 12 prov från varje snittvagnsglass. Att det togs fler prov från snittvagnen berodde på dess större lastvolym. Proven märktes med provnummer och -tid och frystes omgående (-25°C). Senare analyserades proven med avseende på halten TS, aska, vattenlösliga kolhydrater (socker), råprotein, omsättbar energi (via VOS), buffertkapacitet, NDF-fiber och nitrat. Efter torkningen maldes proven och slogs samman till 2 prov per slangsektion.

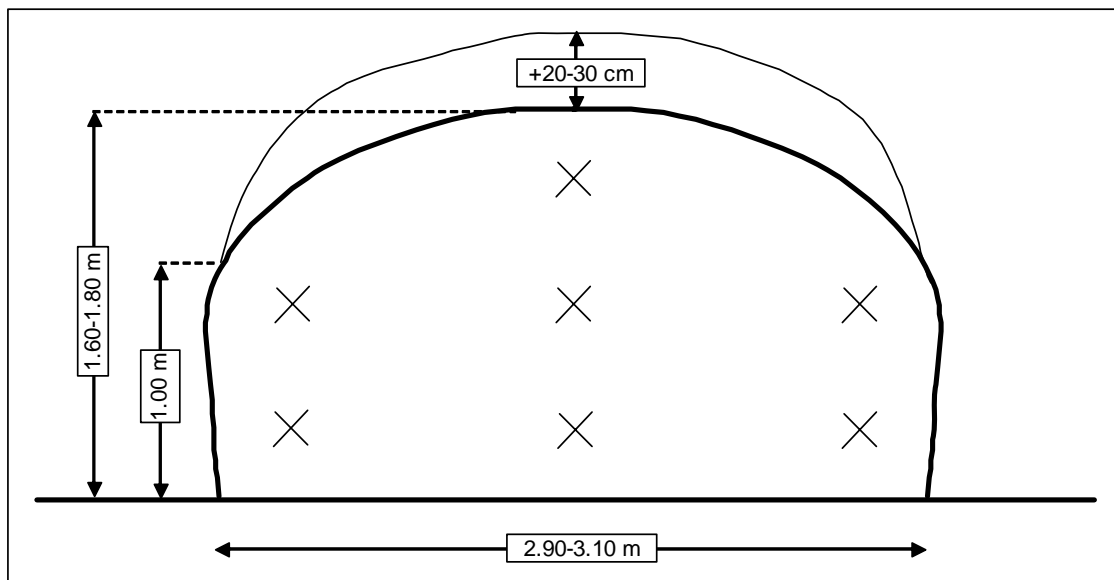
För bestämningen av grönmassans hackelselängd togs 2 prov à 200 g per vallmaskin. Dessa prov torkades och kördes hos JTI¹ genom en mekanisk separeringsmaskin som sorterade varje prov i 10 längdfraktioner. Medels TS-vikterna från varje längdfraktion kunde sedan halvviktslängden

¹ JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala: www.jti.se.

bestämmas (Gale & O' Dogherty 1982). Halvviktslängden uttrycker den beräknade partikellängden som delar provet i två jämnstora viktsdelar.

Ensilagekvalitet

Slangarna öppnades och provtogs i jan. 2005 efter en lagringstid av ca 5 månader. Proven borrades ut horisontalt mot slangens vertikala snittyta. Till det användes en provborr av rostfritt stål med en inre diameter på 40 mm. Från varje slangsektion togs 7 borrprov enligt provtagnings-schemat i Figur 3 som sedan slogs ihop till ett samlingsprov per slangsektion. Dessa prov analyserades på TS-halt, sockerhalt (WSC) och omsättbar energi (bestämd via VOS-värdet²). Analyserna finns kort beskrivna i Bilaga 1. Borren rengjordes och flammades av med 99%-ig etanol efter varje slangsektion.



Figur 3. Provtagnings-schemat för bestämning av ensilagens kvalitet (7 borrprov).

Ensilagens densitet

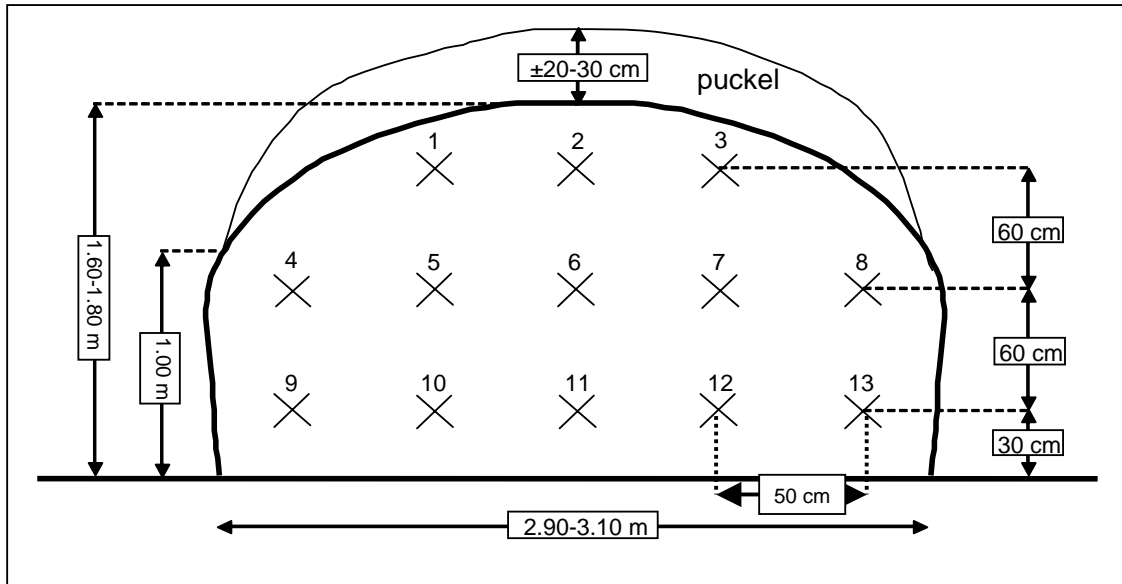
Densitetsprov togs på 2 gånger 13 ställen i varje slangsektion enligt provtagnings-schemat i Figur 4. En omgång på 13 prov togs i början av sektionen och ytterligare en omgång i slutet av samma sektion. För att minimera effekten som uttagningen hade på densiteten borrades 2 prov ur varje provtagnings-ställe. Första provet (ca 20 cm djupt) slängdes och hålets djup mättes med tumstock (djup 1). Andra borrprovet togs i samma hål och borrades till ett djup av ca 40 cm. Hålets djup mättes igen (djup 2) och provet stoppades i en märkt plastpåse och frystes.

² Vomvätskelöslig organisk substans enligt Lindgren (1983)

Densiteten på varje provtagningsställe bestämdes genom vägning av proven, TS-bestämning och beräkning av provets volym:

$$\text{Volym} = (\text{borrdiameter}/2)^2 \times \pi \times (\text{djup2} - \text{djup1})$$

$$\text{Densitet (kgTS/m}^3\text{)} = \text{provvikt (kg)} \times \text{TS (\%)} / 100 / \text{volym (m}^3\text{)}$$



Figur 4. Provtagningschema för bestämning av slangens densitet: 13 borrprov togs från vardera 2 vertikala snittytor inom samma slangsektion.

Bestämning av vajerspänningen

Packningstrycket kan varieras genom ökning eller minskning av spänningen på de 2 externa vajrar som löper från mothållet i början av slangen till packarens vajertrummor i andra änden av slangen. Vajerspänningen under inläggningen mättes med en sensor på varje vajer (Figur 5). Signalerna från sensorerna spelades in på en Intab AAC-2 logger vid 1 Hz. Vajerspänningen



Figur 5. Position av vajerspänningssensorer på AgBag- och Winlin-packarna.

uttrycktes i Newton (N). Den första av de 2 slangsektionerna användes för att justera in en normal vajerspänning. Värden registrerades dock först i den följande sektionen. Värden från ett antal 60 s perioder användes för att beräkna ett medelvärde per slangsektion.

Bestämning av TS-förluster

TS-förlusterna skulle bestämmas genom att dra bort allt uttaget ensilage från allt inlagt vallfoder och uttrycka differensen (= förlust) som % av inlagt foder (alla vikter omräknat till TS-vikter). Förlusterna under lagringen antogs härröra från den biokemiska omsättningen under ensileringen där en del av näringen (TS) omvandlas till gas (CO₂) och försvinner.

På grund av ett funktionsfel gav vår fordonsvåg fel vikter och således kunde vikten av det uttagna ensilaget inte bestämmas. Därmed kunde inte heller TS-förlusterna beräknas.

Hack- och snittvagnens kapacitet

Kapaciteten av både snittvagnen (P) och hackvagnen (T) bestämdes genom vägning av lassen (± 10 kg) samt genom tidsmätning av lastningen, transport och avlastning. Kapaciteten uttrycktes i ton TS per timme.

Packarnas kapacitet

Det ingick i planen att mäta för varje slang tiderna från starten till slutet av fyllningsprocessen inkl. tidsavdrag för eventuella uppehåll. På grund av flera tekniska missöden och maskinhaverier gick det dock inte att beräkna packarnas kapacitet.

Statistisk bearbetning av mätvärden

Med hjälp av ett PC-baserat statistikprogram (SAS User's Guide, 1996) utfördes en variansanalys på de insamlade mätvärdena. En fullkomligt randomiserad variansmodell användes för att utvärdera vilken effekt de 2 vallmaskinerna (Maskin) och de 2 packarna (Packare) hade på ensilagekvaliteten och -densiteten. Två medelvärde bedömdes som signifikant olika när Students t-test visade att sannolikheten var <5% ($P < 0,05$) att de 2 testade medelvärden var lika.

Statistisk modell för utvärderingen av ensilagekvaliteten (N = 11):

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Maskin}_i + \text{Packare}_j + (\text{Maskin} \times \text{Packare})_{ij} + \text{Error}_{ijk}$$

f.g.: 1 + 1 + 1 + 7

Statistisk modell för utvärderingen av ensilagedensiteten (N = 286):

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Maskin}_i + \text{Packare}_j + (\text{Maskin} \times \text{Packare})_{ij} + \text{Error}_{ijk}$$

f.g.: 1 + 1 + 1 + 282

Effekten av var i slangens densitetsproven togs (se Fig.4) undersöktes i varje slang för sig medels en fullkomligt randomiserad variansmodell (Proc GLM). Den minsta signifikanta skillnaden ($LSD_{0,05}$) för att densitetsskillnaden mellan 2 mätställen skulle vara statistiskt signifikant beräknades för 5% sannolikhet att medelvärden inte skiljde sig åt (dvs. 5% risk att medelvärden utpekades felaktigt som signifikanta).

Statistisk modell för mätställets effekt på densiteten (se Fig.4: nr. 1-13):

$$Y_{ij} = \mu + \text{Ställe}_i + \text{Error}_{ij}$$

(μ = medel över alla mätvärden; $i = 13$ mätställen; $j_{\text{winlin}} = 8$ eller $j_{\text{Agbag}} = 14$ upprepningar; $N_{\text{Winlin}} = 104$ och $N_{\text{Agbag}} = 182$)

Resultat

Tekniska missöden

Det planerade antalet slangsektioner (upprepningar) kunde inte genomföras i de 2 slangarna på grund av tekniska missöden under inläggningen.

I Winlin-slangen påverkades 3 olika sektioner av tekniska missöden. I 3:e sektionen fick packaren stoppas på grund av lagningsarbeten av en krokig fördelaraxel. Under fyllningen av den 4:e sektionen gick hackvagnen sönder, vilket resulterade i en kort, ofullständig sektion. I 7:e och sista sektionen gick en axel i Winlin-packaren sönder, vilket tvingade oss att avsluta slangens.

I AgBag-slangen fick vi utesluta en sektion på grund av problem med lastningen. Det fick till följd att det producerades endast en halv sektion utan kornkross till den nästkommande sektionen (dvs. mellan sektion 8 och 9).

Sammanlagt kunde vi därför utvärdera endast 4 kompletta sektioner i Winlin-slangen (2 T- och 2 P-sektioner) och 7 kompletta sektioner i AgBag-slangen (4 T- och 3 P-sektioner).

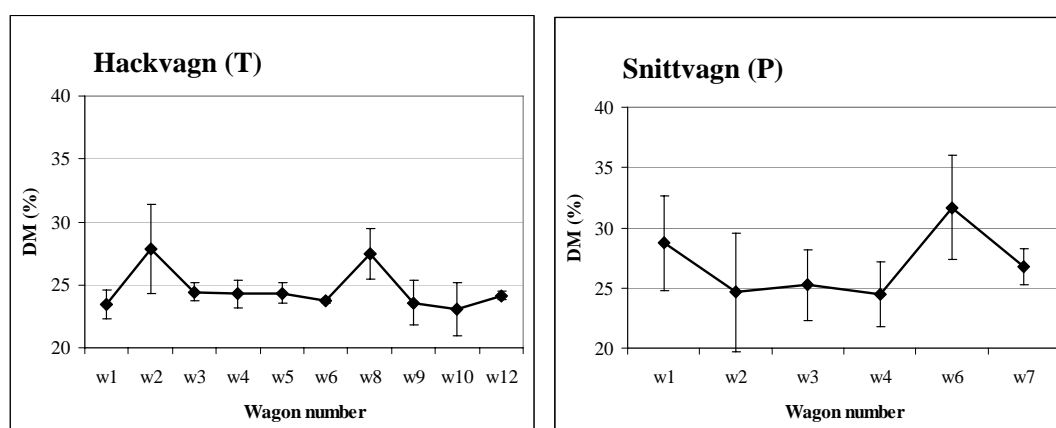
Grönmassans sammansättning

Den kemiska sammansättningen av grönmassan presenteras i Tabell 2. Den avsedda TS-halten på 30-40% kunde inte uppnås på grund av ogynnsamma väderförhållanden. TS-halten blev i genomsnitt 24%.

Grönmasseanalyserna i Tab.2 visar att vallfodret i Winlin-slangen som hämtades med snittvagnen hade högre TS-halt ($P < 0,01$) och högre socker-värden ($P < 0,001$) jämfört med grödan som hämtades med hackvagnen. TS-halten varierade även mer i snittvagnen än i hackvagnen, vilket var förväntat. Råproteinhalten var något lägre i sektioner från snittvagnen än i sektioner från hackvagnen. Dessa skillnader antas bero på naturliga skillnader i vallen (ca 40 ha). Andra skillnader i ask-, energi- och fiberhalt var inte signifikanta.

Tabell 2. Kemisk sammansättning av grönmassan. Medelvärden och standardavvikelser (SD) anges i g/kgTS om ingen annan enhet anges. n = antal prov. Värden med olika upphöjda bokstäver inom samma rad skiljer sig signifikant från varandra ($P < 0,05$).

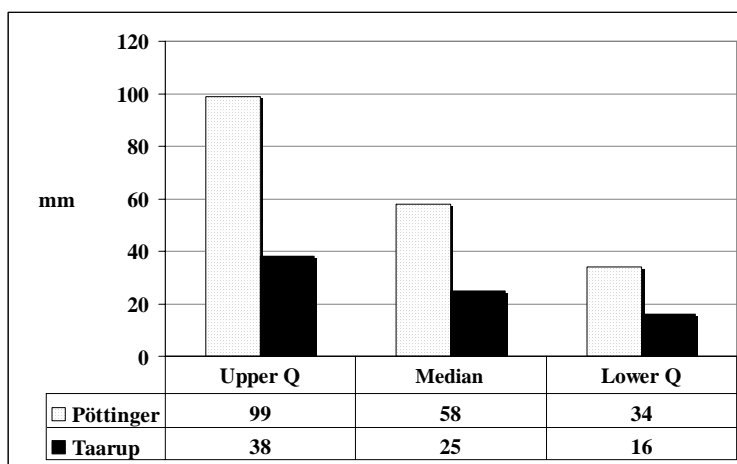
Analyser	Winlin				AgBag			
	snittvagn		hackvagn		snittvagn		hackvagn	
	n = 4		n = 9		n = 8		n = 2	
	medelv.	SD	medelv.	SD	medelv.	SD	medelv.	SD
Torrsubstans (g/kg)	275^b	27,8	232 ^a	18,1	244 ^a	22,0	225 ^a	1,7
Aska	127 ^a	20,3	118 ^a	6,3	122 ^a	36,5	114 ^a	1,5
Råprotein	123^a	4,1	133 ^b	5,7	119^a	3,8	134 ^b	4,6
NDF (fiber)	517 ^a	22,6	527 ^a	15,3	524 ^a	24,6	526 ^a	15,5
Socker (WSC)	90^b	6,2	73 ^a	8,6	87 ^{ab}	9,7	76 ^a	3,3
Nitrat	0,9 ^a	0	0,7 ^a	0	0,8 ^a	0	1,1 ^a	0
Energi (MJ/kgTS)	10,0 ^a	3,3	10,0 ^a	1,6	10,0 ^a	4,8	10,1 ^a	1,3
Buffertkapacitet (g MS/100 g TS)	4,7 ^a	0	4,5 ^a	0	4,6 ^a	0	4,8 ^a	0



Figur 6. TS-variationen i vagnslassen från hackvagnen eller snittvagnen. TS-halten bestämdes genom torkning i torkskåp (18 tim. vid 60°C).

Grönmassans hacksel längd skiljde sig tydligt mellan snitt- och hackvagnen. Figur 7 visar att hacksel längden från fodret i snittvagnen var överlag längre

än i det exakthackade vallfodret. Halvviktslängden (medianen) för snittvagnen var 58 mm jämfört med 25 mm för hackvagnen.



Figur 7. Grönmassans hackelselängd från snittvagnen (Pöttinger) och hackvagnen (Taarup) uppdelat i 3 fraktioner. Median = halvviktslängd, Q = kvartil = övre eller nedre fjärdedel av provets vikt.

Ensilagens sammansättning

Inga signifikanta skillnader i ensilagens sammansättning kunde konstateras mellan de 2 packarna eller de 2 vallmaskinerna med undantag för skillnader i ask- och energihalt (Tab. 3). Energihalter från ensilaget i Winlin-slangen var högre än i AgBag-slangen ($P = 0,02$), särskilt i sektioner som fylldes med hackvagnen. Etanolhalten tenderade att vara högre i AgBag- än i Winlin-slangen ($P = 0,08$).

Ensilagens densitet (volymvikt)

Den genomsnittliga densiteten i AgBag-slangen var 153 kgTS/m^3 och 169 kgTS/m^3 i Winlin-slangen, men densiteten varierade något mer i Winlin- än i AgBag-slangen ($SD_{\text{Winlin}} = 60$, $SD_{\text{AgBag}} = 52 \text{ kgTS/m}^3$). Det gick dock inte att fastslå om densitetskillnaderna mellan packarna var signifikanta. I Tabell 4 visas TS-halter och densiteter uppdelat efter packarna och snitt- resp. hackvagnen.

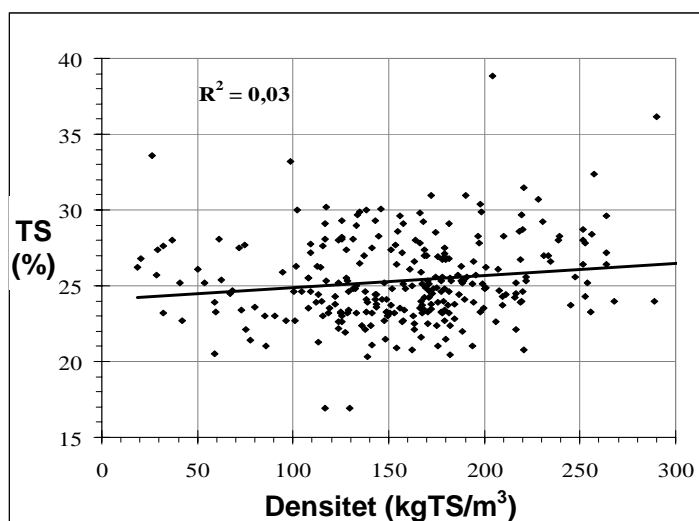
Den högsta densiteten hittades i Winlin-slangen som fylldes med grönmassa från snittvagnen medan de 3 andra behandlingar uppvisade betydligt lägre densitet ($P < 0,03$). Det ligger nära att tro att detta berodde på den högre TS-halten. Men en korrelation mellan TS-halt och densitet av alla densitetsprov visade att TS-halten hade en försumbar inverkan på densiteten ($R^2=0.03$, Fig.8).

Tabell 3. Kemisk sammansättning av ensilagen. Medelvärden och standardavvikelser (SD) anges i g/kgTS om ingen annan enhet anges. Värden med olika upphöjda bokstäver inom samma rad skiljer sig signifikant från varandra (P<0,05).

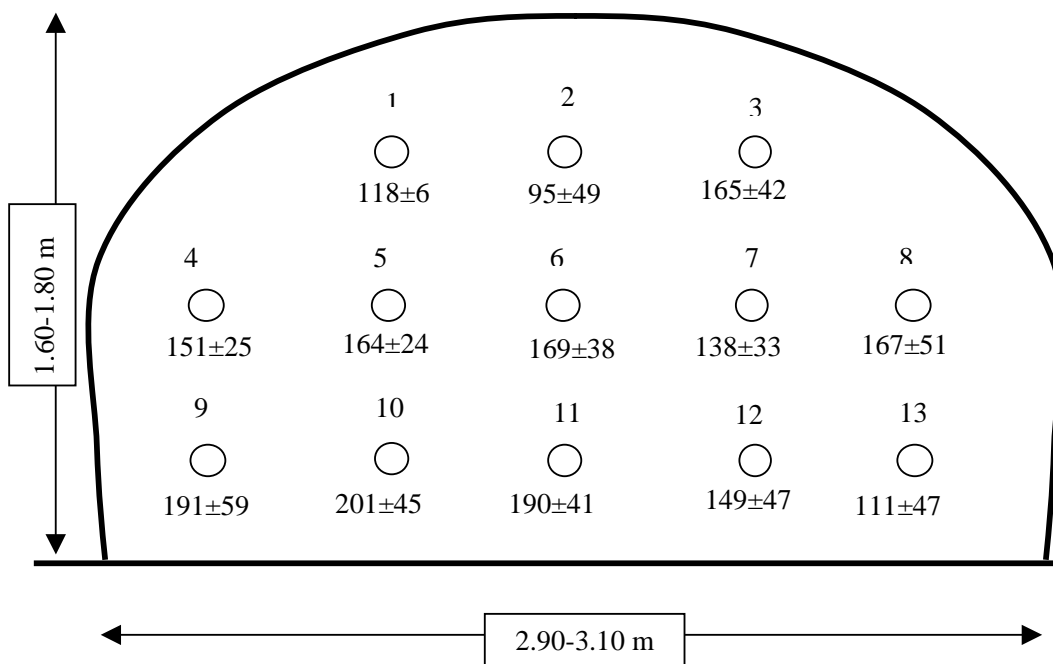
Analyser	Winlin				AgBag			
	Snittvagn		Hackvagn		Snittvagn		Hackvagn	
	n=2 medelv.	SD	n=2 medelv.	SD	n=3 medelv.	SD	n=4 medelv.	SD
Torrsubstans (g/kg)	263 ^a	0	251 ^a	30	244 ^a	17	232 ^a	7
Aska	112 ^a	0,5	100 ^b	2,1	100 ^b	2,4	106 ^{ab}	6,7
Socker (WSC)	1,5 ^a	0,1	0,5 ^a	0,7	1,3 ^a	0,6	0,8 ^a	1,0
Energi (MJ/kgTS)	10,4 ^{ab}	0,1	10,6 ^a	0,7	10,1 ^{bc}	2,6	10,3 ^b	0,1
NH ₃ -N (g/kg N)	76 ^a	0,4	75 ^a	13,4	87 ^a	6,9	79 ^a	4,3
pH	4,0 ^a	0,1	4,0 ^a	0,1	4,0 ^a	0,1	4,0 ^a	0,2
Mjölksyra	103 ^a	0,4	101 ^a	7,9	98 ^a	5,5	93 ^a	24,6
Ättiksyra	19,6 ^a	0	20,0 ^a	3,3	22,6 ^a	1,7	27,1 ^a	9,3
Smörsyra	0,7 ^a	0	0,7 ^a	0	0,7 ^a	0	0,7 ^a	0
Propionsyra	1,6 ^a	0	1,6 ^a	0	1,6 ^a	0	2,1 ^a	1,0
Succinat	7,5 ^a	0	7,6 ^a	0,6	8,2 ^a	1,0	8,5 ^a	1,8
2,3-butandiol	1,6 ^a	0	1,6 ^a	0	1,6 ^a	0	1,6 ^a	0
Etanol	3,4 ^a	0	3,3 ^a	0,3	4,5 ^a	1,2	4,6 ^a	1,1

Tabell 4. Ensilagens densitet i AgBag- och Winlin-slangar. Värden med olika upphöjda bokstäver inom samma rad skiljer sig signifikant från varandra (P<0,05).

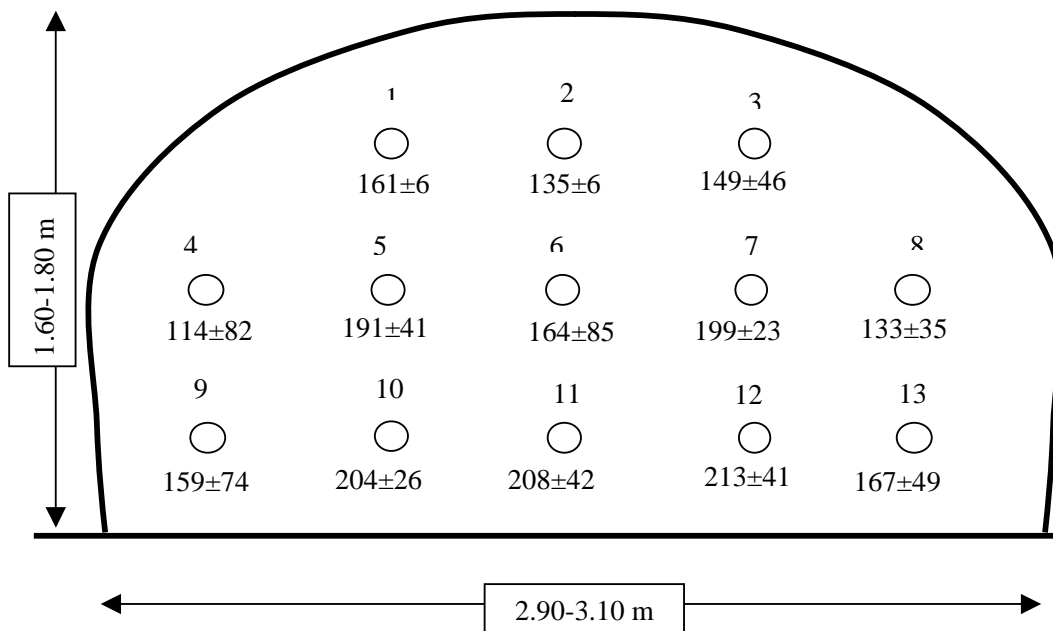
Analyser	Winlin				AgBag			
	Snittvagn		Hackvagn		Snittvagn		Hackvagn	
	n=52 medelv.	SD	n=52 medelv.	SD	n=77 medelv.	SD	n=99 medelv.	SD
Densitet (kgTS/m ³)	181 ^b	74	157 ^a	39	152 ^a	54	157 ^a	50
TS (g/kg)	278 ^b	20	257 ^b	24	247 ^a	24	244 ^a	29



Figur 8. Samband (korrelation) mellan ensilagens densitet och deras TS-halt i båda slangar (N=282)



Figur 9. Densiteten i **AgBag**-slangen vid de olika provtagningsställena. Värden är medelvärden genom alla slangsektioner \pm standardavvikelse. Minsta signifikanta skillnad mellan provtagningsställena var 31 ($LSD_{0,05} = 31$).

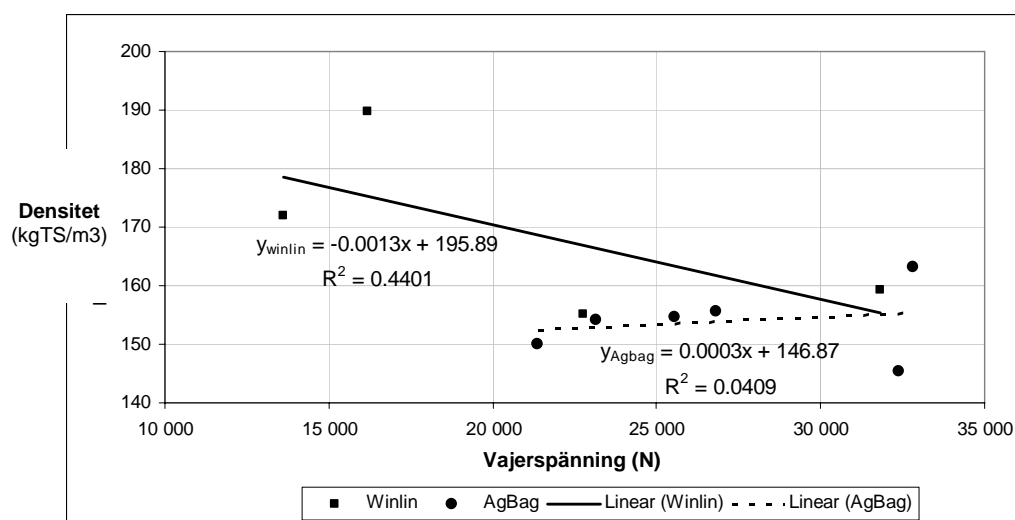


Figur 10. Densiteten i **Winlin**-slangen vid de olika provtagningsställena. Värden är medelvärden genom alla slangsektioner \pm standardavvikelse. Minsta signifikanta skillnad mellan provtagningsställena var 55 ($LSD_{0,05} = 55$).

Däremot påverkades densiteten tydligt av var i silon provet togs. I AgBag-slangen (Fig. 9) var densiteten högst i botten med förskjutning mot ena sidan (provtagningsställen nr. 9, 10, 11) medan densiteten var lägst på motsatta sidan i botten samt på toppen (nr. 1, 2, 13). Winlin-slangen (Fig. 10) hade en något mer symmetrisk densitetsmönster med de högsta densiteterna i botten mitt (nr. 10, 11, 12) och de lägsta i toppen samt mot sidorna (nr. 2, 4, 8).

Vid samkörning av vajerspänningsdata mot genomsnittsdensiteter för de olika slangsektionerna visade det sig något oväntat att densiteten i Winlin-slangen *minskade* när vajerspänningen *ökade*. I AgBag-slangen kunde inget samband mellan vajerspänning och densitet hittas (Fig. 11).

Ensilagedensiteten påverkas dock även av packarens (+traktorns³) vikt samt deras friktion mot marken. Denna kraft måste övervinnas när slangerna växer till och skjuter packaren bit för bit framåt. Båda slangar lades på jämn och asfalterad mark som krävde relativt lite kraft att skjuta ekipaget framåt. Med Winlin-packaren bromsades traktorn endast i början av slangerna.



Figur 11. Korrelation mellan ensilagens densitet och vajerspänningen för båda packare.

Hack- och snittvagnens kapacitet

En jämförelse mellan Pöttinger snittvagnen och Taarup hackvagnen presenteras i Tabell 5. Jämförelsen visar att kapaciteten (kgTS/min) för snittvagnen var 58% högre än för hackvagnen. Avståndet från fältet till slangarna samt transporttiden för denna sträcka var lika för båda vagnarna.

³ AgBag-packaren hade egen motor, Winlin-packaren drevs med en traktor.

Tabell 5. Kapacitetsjämförelse mellan Pöttinger snittvagn och Taarup hackvagn. Beräkningar enligt Per Lingvall, SLU.

	Pöttinger Jumbo 7200L	Taarup-Sahlström TS40
Lastvolym, m ³	44	37
Lastningstid, min/lass	11	12
Avlastningstid, min/lass	3	2
Transporttid, min	27	27
Totala tiden, min/lass	41	41
Lastningshastighet, km/tim.	14	9
Antal lass	7	7
Lassvikt, kg TS	3 572	2 477
Avlastad vikt, kg TS/tim.	5 227	3 539
Kapacitet, kg TS/min	325	206
Dieselförbrukning, liter/ton TS	6,0	7,2

Diskussion

Hack- och snittvagnens effekt på ensilageets kvalitet och densitet

Analyserna av ensilageproven visade att ensilaget i båda AgBag- och Winlin-slangen var av bra hygienisk kvalitet och att det inte fanns några betydelsefulla skillnader mellan ensilagen som producerades med hack- eller snittvagnen. Trots en relativt låg TS-halt (23-28%) tyder analysvärden så som låg pH, lågt ammoniakthal, låg smörsyrainhalt på en bra hygienisk kvalitet (Pahlow et al., 2003) i båda slangar utan tecken på förhöjd klostridieaktivitet. Eftersom klostridier anses vara den främsta anledningen till höga TS- och näringsförluster i blöta ensilage (McDonald et al., 1991), kan man anta att TS-förluster i slangarna var måttliga till låga.

Vanligtvis rekommenderas att vallfoder exakthackas när det ska ensileras i slang, men även snittvagnar kommer ibland till användning. Medan snittvagnar endast skär av grässtrån sker förutom skärningen även en intensiv krossning av växtceller i exakthacken (Murdoch et al. 1955). Ytterligare en fördel av exakthackningen är att grönmassan blandas och homogeniseras bättre, vilket ledde till en lägre TS-variationen i den exakthackade grönmassan (Tab. 2).

Det har visat sig att en kraftig krossning av växtmaterialet gynnar en snabbare och intensivare mjölksyrabildning eftersom den fria växtsaften utgör lättillgänglig näring för mjölksyrabakterierna (Marsh 1978). Anledningen till att man inte kunde se någon effekt mellan hack- och snittvagnen i ensilagekvaliteten är att krossningseffekten i packarens rotor har visat sig vara betydligt intensivare än i hack- eller snittvagnen (Sundberg & Pauly

2005, Sundberg & Pauly 2006). Vid ensilering i slang kan man därför inte förvänta sig att hackning har en speciellt gynnsam effekt på ensilagekvaliteten. Den effekten framträder endast vid ensilering i t.ex. plan- eller tornsilo.

En effekt på ensilagens densitet kunde endast ses i Winlin-slangen. Här var densiteten högre i slangsektioner som fylldes med den snittvagnssnittade än den exakthackade grönmassan. Det var tvärtemot vad man kunde förvänta sig därför den snittade grönmassan var betydligt längre (Fig. 7) och hade inte utsatts för någon intensivare mekanisk behandling. Detta foder borde därför ha resulterat i *lägre* densitet jämfört med det exakthackade materialet. Muck & Holmes (2006) rapporterade från en liknande situation i en slang med majsensilage. TS-halten var visserligen högre i grönmassan från snittvagnen men det gick inte att upptäcka något samband mellan TS-halt och densitet (Fig. 8). Vissa praktiker har upptäckt att ensilagens förmåga att hålla pressvatten ökar ju längre hackselängden är. Men det skulle i så fall bara öka densiteten ifall den baseras på våtvikt (kg/m^3) men inte om den baseras som här på TS-vikt (kgTS/m^3).

Packarnas effekt på ensilagens kvalitet och densitet

Under fyllningen blev AgBag-slangen ojämn och bucklig. Det förorsakades troligtvis av en kombination av hög vajerspänning och en kort tunnel som formar slangen. Trycket i slangen tvingade grönmassan uppåt och åt sidan så att utbuktningar skapades i regelbundna intervaller (Fig. 12). Det är inte troligt att snitt- eller hackvagnen hade med problemet att göra därför båda den snittade och hackade grönmassan gav upphov till samma slags pucklar.



Figur 12. AgBag-slangen utvecklade stora pucklar på ovansidan och delvis mot sidorna. Winlin-slangen saknade pucklar.

Däremot spelade säkert tunnelns längd roll. AgBag-tunneln var med sina 1,75 m tydligt kortare än Winlin-tunneln med 2,10 m (mätt från rotorrens mitt till tunnelns ände). Winlin-slangen var slät och saknade pucklar (Fig. 12).

Det är dock viktigt att konstatera att pucklarna inte verkade påverka ensilagets kvalitet. Den hygieniska kvaliteten var bra i båda slangarna och inga tecken på smörsyrabildning kunde upptäckas trots att inget ensileringsmedel användes och TS-halten var under 30%.

Att densiteten blev högre i Winlin- än i AgBag-slangen berodde främst på hög densitet i *en* sektion som fylldes med grönmassa från snittvagnen. En entydig förklaring till detta kunde vi inte finna. Inflytandet av både TS-halt (Fig. 8) och maskinoperatör kunde avfärdas (samme maskinoperatör gjorde både snittvagn- och hackvagnsektionerna).

Ensilagets densitet varierade inom vida gränser (95 - 213 kg TS/m³). En liknande variation (146 - 251 kg TS/m³) mätte även Muck & Holmes (2006) som fann de högsta värden i botten och mitten av slangerna och de lägsta värden i toppen och sidorna. Samma densitetsmönster hittade vi i Winlin- och med en viss förskjutning i sidled även i AgBag-slangen. Att den stora variationen i densitet inte påverkade ensilagekvaliteten negativt kan bero på att en hög nivå av gastäthet kan upprätthållas i slangar utan hål (hål syns rel. lätt).

Enligt PO Björkegren, Winlin AB, kan en mycket hög densitet i slangarna skapa problem vid uttagningen. Förutom att det kan bli besvärligt att få ut ensilaget (lossnar i bitar), kan man få problem med djupa sprickor i ensilaget som leder luft djupt in i slangerna, vilket kan leda till värmebildning (s.k. varmgång). För att ta ut ensilaget utan problem ska densiteten inte vara högre än nödvändig. Var den övre densitetsgränsen går är inte undersökt.

Figur 11 visade att den på packaren justerade vajerspänningen mot förmodan inte hade något tydligt inflytande på ensilagets densitet. Bortsett från att mätvärdena var få, kan en viktig anledning vara att vid ökad vajerspänning komprimeras även tidigare sektioner som gjordes med lägre spänning. Eftersom innehållet i slangerna kan glida i plasthöljet, skulle det kunna leda till en viss utjämning av densiteten inom en och samma slang. Även om detta är mycket troligt kunde vi inte bekräfta att så verkligen skedde.

Hack- och snittvagnens samt packarnas kapacitet

Det framgår tydligt ur jämförelsen Tabell 5 att Pöttingers finsnittvagn hade betydligt högre kapacitet än Taarup hackvagnen. På grund av tekniska missöden med Winlin-packaren, hackvagnen och fordonsvägen fick vi för få

mätvärden för att kunna utvärdera kombinationer av de 2 packarna och de 2 vallmaskinerna.

Slutsatser

- Trots en låg TS-halt (23-28%), avsaknaden av ensileringsmedel och flera uppehåll under inläggningen var gräsensilaget av bra hygienisk kvalitet både i Winlin- och i AgBag-slangen: Inga spår av klostridieaktivitet (dvs. lågt A-tal och låg smörsyrainhalt) och inga kvalitetsskillnader mellan slangarna.
- Snitt- och hackvagnen producerade trots olika hackselängd och mekanisk bearbetningsgrad ensilage av lika hög kvalitet (inga skillnader). Det berodde troligtvis på att rotern i packarna utövar en kraftig krossningseffekt på växtmaterialet. Det gynnar en snabb mjölksyrajäsnings och maskerar hack- och snittvagnarnas svagare krossningseffekt. De flesta praktiker föredrar dock exakthackat framför snittat foder.
- Den genomsnittliga densiteten i slangarna var något högre i Winlin- än i AgBag-slangen (169 kgTS/m³ resp. 153 kgTS/m³). Variationen inom slangarna var stor (SD = 60 resp. 52 kgTS/m³). Den högre densiteten i Winlin-slangen berodde på endast en slangsektion med hög densitet. Att dessa densitetsskillnader inte påverkade ensilagekvaliteten mer kan bero på att slangar (utan hål) troligtvis är mer gastäta än andra typer av silor.
- Vi hittade inget bra samband mellan packarens vajerspänning och ensilagens densitet. Sannolikt kan man inte förvänta sig att få olika densiteter inom en och samma slang. Det är troligt att innehållet i slangen kan glida inom plasthöljet när man varierar vajerspänningen. Därmed utjämnas eventuella densitetsskillnader mellan olika slangsektioner.
- Under de testade förhållanden hade Pöttingers Jumbo snittvagn en kapacitet som var 1,6 gånger Taarups hackvagn.

Litteraturreferenser

- Gale G.E. & O' Dogherty M.J.O. 1982. An apparatus for the assessment of the length distribution of chopped forage. *Journal of Agricultural Engineering Research* 27, 35-43.
- Lindgren, Erik. 1983. Nykalibrering av VOS-metoden för bestämning av energivärde hos vallfoder. Stencil. SLU, Institutionen för husdjurens utfodring & vård, Uppsala.

- Lundmark, Cecilia. 2005. Ensiling experiment in bagged silage with 3 silage additives. Examensarbete nr.217. SLU, Institutionen för HUV, Uppsala. (<http://ex-epsilon.slu.se/archive/00000870/>)
- Marsh R. 1978. A review of the effects of mechanical treatment of forages on fermentation in the silo and on the feeding value of the silages. N.Z. Journal of Experimental Agriculture 6, 271-278.
- McDonald P., Henderson A.R. & Heron S.J.E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications, 13 Highwoods Drive, Marlow Bottom, Marlow, Bucks, UK. 340 pp.
- Muck R.E. & Holmes B.J. 2006. Bag silo densities and losses. Transactions of the ASABE 49(5), 1277-1284.
- Murdoch J C, Balch D A, Holdsworth M C & Wood M. 1955. The effect of chopping, lacerating and wilting of herbage on the chemical composition of silage. Journal of the British Grassland Society 10, 181-188.
- Pahlow G., Muck R.E., Driehuis F. & Oude Elferink S.J.W.H. 2003. Microbiology of ensiling. In: Buxton D.R., Muck R.E. & Harrison J.H. (eds.) *Silage Science and Technology*, Agronomy series No. 42, American Soc. of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, USA. p.31-93.
- SAS User's Guide: Statistics, 1996. SAS/Stat Software, version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Shinners K J, Muck R E, Koegel R G & Straub R J. 1994. Silage characteristics as affected by length-of-cut. ASAE Paper # 941524, ASAE, St. Joseph, Mich., USA.
- Sundberg M. & Pauly T. 2005. Grönmassans ensilerbarhet vid slangensilering. JTI-rapport 336 (Lantbruk & Industri). JTI, Uppsala. 20 pp. (Engl. summary)
- Sundberg M. & Pauly T. 2006. Ensilagekvalitet vid olika grad av mekanisk bearbetning av grönmassan - Jämförelse mellan ensilering i bal, slang och silo. JTI-rapport 346 (Lantbruk & Industri). JTI, Uppsala. 19 pp. (Engl. summary)

Personliga meddelanden:

- Lingvall, Per. 2006. SLU, Institutionen för husdjurens utfodring & vård, Kungsängens Forskningscentrum, 75323 Uppsala.
e-mail: Per.Lingvall@huv.slu.se .

Bilaga 1. Kort beskrivning av analysmetoderna inkl. referenser (på engelska).

<i>Sample preparation</i>	<p>Fresh forage samples were collected during ensiling. Samples were homogenised and divided into 2 sub-samples; a) for analyses of dried + milled samples, b) for microbiological determinations (viable counts).</p> <p>Silage samples not intended for microbiological analyses were stored in a freezer at -25°C. Later samples were thawed, homogenised and divided into 2 sub-samples; a) for drying + milling, b) for extraction of liquid ($\text{NH}_4\text{-N}$, pH, HPLC).</p>
<i>Dry matter (DM)</i>	<p>The DM concentration of fresh plant material was determined in 2 steps. Firstly, fresh samples (approx. 150 g) are dried for 18 h in a ventilated oven at 65°C ("DM-1") followed by milling through a 1.0 mm sieve. A small portion of that sample is then dried a second time at 103°C for 5 h ("DM-2"). Finally the DM content is calculated:</p> <p>Fresh forage: $\text{DM} (\%) = \% \text{DM-1} \times \% \text{DM-2} / 100$</p> <p>Silages: $\text{DM} (\%) = (\% \text{DM-1} \times \% \text{DM-2} / 100) + 1.4$ (DM concentration is corrected for volatiles by adding 1.4 %-units)</p>
<i>Ash</i>	Dried and milled samples were ashed for 3 h at 550°C . Before weighing, samples were transferred to a desiccator to cool down.
<i>pH</i>	pH is measured with a pH meter (Metrohm 654), which is calibrated at pH 4.000 and 7.000 before measurements.
<i>Buffering capacity (BC)</i>	<p>Samples are analysed according to McDonald & Henderson (1962). BC is expressed in g lactic acid per 100g DM to reach pH 4.0.</p> <p>1.0 g of a dried and milled sample was used. This method is used if the FC ratio of the forage is determined (see next box).</p>
<i>Fermentability coefficient (FC)</i>	<p>FC expresses whether the fresh forage will ensile easily or will be difficult to ensile ($\text{FC} > 45 = \text{easy}$, $\text{FC} < 35 = \text{difficult to ensile}$).</p> <p>$\text{FC} = \text{DM}(\%) + (8 \times \text{WSC} / \text{BC})$; WSC in % of DM, BC as above.</p> <p>Ref.: Weissbach (1996)</p>
<i>Nitrogen (N) and crude protein (CP)</i>	The content of nitrogen was analysed according to Kjeldahl (Nordic Committee on Food Analysis, 1976) using a Kjelttec Tecator 1030. Crude protein was calculated as Kjeldahl-N $\times 6.25$.
<i>Ammonium-N ($\text{NH}_4\text{-N}$)</i>	Determined by direct distillation on a Kjelttec Auto System 1030 (Tecator AB, Sollentuna, Sweden) and the Auto Analyser system (Broderick and Kang, 1980).
<i>Nitrate-N ($\text{NO}_3\text{-N}$)</i>	The content of nitrate-N was determined from liquid silage extracts. The extracts were prepared from dried silage samples, which were diluted with 250 ml of demineralised water and boiled for 10 min. Then extracts were filtered through filter paper (H-602) and finally centrifuged. The concentration of nitrate-N was finally determined in an Autoanalyser II system, method no. G-109-94 Rev.3, created by the company Bran & Luebbe.
<i>NDF</i>	Neutral detergent fibre was determined according to van Soest et al. (1991).
<i>Water soluble carbohydrates (WSC)</i>	Water soluble carbohydrates were extracted from dried and milled samples (1-3g) with 100 ml demineralised boiling water. After filtration and cooling the extract was hydrolysed with 0.074 M sulphuric acid at 80°C for 70 min. Then fructose was enzymatically transformed to glucose and the concentration of glucose was

	determined by spectrophotometry at 340 nm (Larsson & Bengtsson, 1983).
<i>Metabolisable energy (for ruminants)</i>	Determined by an in vitro-method described by Lindgren (1979). 0.5 g of a dried and milled sample was incubated anaerobically in buffered rumen fluid at 38°C for 96 h to determine the rumen degradable organic matter (VOS). The content of metabolisable energy (ME) could then be calculated from the VOS value and the ash content of the sample with the following equation (Spörndly 2003): $\text{ME (MJ/kgDM)} = ((0.16 \times \text{VOS}) - 1.91) \times (100 - \% \text{Ash}) / 100$
<i>Fatty acids, ethanol and 2,3-butanediol</i>	Fatty acids (lactic, acetic, butyric, propionic, succinic), ethanol and 2,3-butanediol were analysed by high performance liquid chromatography (HPLC) according to Andersson & Hedlund (1983). Silage juice was centrifuged for 5 min at 13000 x g. 250 µl of the supernatant was mixed with 1000 µl of the internal standard solution (0.5 g/litre of pivalic acid in 0.09 M sulphuric acid). After centrifugation and/or filtration the solution obtained was analysed directly by the HPLC method described below. The HPLC-system used consisted of a Hewlett Packard (Series 1050) pump, a Marathon (Spark Holland BV, Netherlands) auto-sampler with a 20 µl loop and an ERC-7510 (ERMA Inc., Japan) RI-detector. Chromatograms were evaluated with a Chrompack Maestro 2.3 integration program. A 300 x 7.8 mm stainless-steel column, packed with ReproGel H 9µm (Dr. A.Maisch, Ammerbuch, Germany) was used as the separation column. The same material was used in the pre-column (30 x 8 mm). The columns were kept in a water bath at constant temperature. Conditions for the HPLC analysis were: mobile phase = 0.005 M sulphuric acid, flow rate = 0.8 ml/min, column temperature = 58°C.
<i>Sample preparation for microbiological analyses</i>	40 g sample and 360 ml of sterilised, quarter-strength Ringer solution (Merck) were pummelled in a strong plastic bag in a Seward stomacher for 2 min. at normal intensity. Approx. 10 ml of the liquid (1 st dilution) was filled in a sterile glass tube. Then another 2 tenfold serial dilutions were prepared from that dilution. 2 agar plates were made from each of the 3 dilutions (hence 6 plates / sample). Clostridia samples: Glass tubes with first dilutions were exposed to a heat treatment (13 min. at 80°C in water bath) before the rest of the dilution series was made.
<i>Clostridium spores</i>	2 x 0.1 ml of each dilution was surface spread on 2 plates with Reinforced Clostridium Agar (Merck) with addition of neutral red (Sigma) and cycloserine (Sigma). Plates were enumerated after 7 days of anaerobic cultivation at 37°C (Jonsson 1990).

Referenser för Bilaga 1:

- Andersson, R. & Hedlund, B. 1983. HPLC analysis of organic acid in lactic acid fermented vegetables. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung* 176, 440-443.
- Broderick, G.A. & Kang, J. H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science* 63, 64-75.
- Jonsson, A. 1990. Enumeration and confirmation of *Clostridium tyrobutyricum* in silages using neutral red, D-cycloserine, and lactate dehydrogenase activity. *Journal of Dairy Science* 73, 719-725.

- Larsson, K. & Bengtsson, S. 1983. Determination of non-structural carbohydrates in plant material. Method description no. 22, National Laboratory for Agricultural Chemistry, Uppsala, Sweden, 1983. (In Swedish).
- Lindgren, E. 1979. The nutritional value of roughages determined in vivo and by laboratory methods. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management, Uppsala. Report no. 45. 63 pp.
- McDonald P. & Henderson A.R. 1962. Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensilage. *Journal of the Science of Food & Agriculture* 13, 395-400.
- Nordic Committee in Food Analysis. 1976. Nitrogen. Determination in foods and feeds according to Kjeldahl. Method description No 6.
- Spörndly, R. 2003. Fodertabeller för idisslare 2003. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition & Management, Uppsala. Report #257, p.7. (In Swedish).
- van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583-3597.
- Weissbach, F. 1996. New developments in crop conservation. In: Proc. of the 11th Intern. Silage Conference, Aberystwyth/Wales (eds.: Jones, D I H. Jones, R. Dewhurst, R. Merry, R. Haigh, P M.), IGER Publ. Section (igerlib@bbsrc.ac.uk), p. 11-25.



