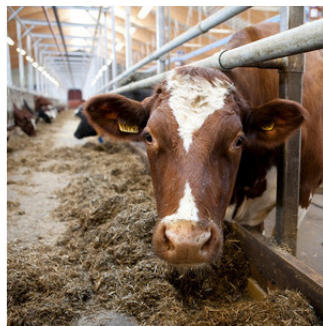




Konservering och gårdsberedning av kraftfoder till kor



Författare: Nils Jonsson, RISE

Arbetsgrupp: Torsten Eriksson, SLU, Anders H Gustafsson, Växa Sverige och Nils Jonsson, RISE.

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management

Rapport 303
Report

Uppsala 2019

ISSN 0347-9838
ISRN SLU-HUV-R-303-SE



Konservering och gårdsberedning av kraftfoder till kor

Författare: Nils Jonsson, RISE

Arbetsgrupp: Torsten Eriksson, SLU, Anders H Gustafsson, Växa Sverige och Nils Jonsson, RISE.

**Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för husdjurens utfodring och vård**

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

**Rapport 303
Report**

Uppsala 2019

ISSN 0347-9838
ISRN SLU-HUV-R-303-SE

Publicerad och distribuerad av:
Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)
Box 7024
753 23 Uppsala
www.slu.se/huv

Copyright © 2019 SLU. All rights reserved.

Bilder på omslaget fotograferade av Jenny Karlsson, Jordbruksverket (bild 1 från vänster), Jenny Svernås-Gillner, SLU (bild 2) och Nils Jonsson, RISE (bild 3).

Förord

Denna rapport har utarbetats som en del i projektet ”Förbättrat utnyttjande av regionalt odlade proteinfoder till svenska mjölkkor genom styrning från mjölkens ureahalt”. Projektet genomfördes 2016 – 2019 i samverkan mellan Institutionen för husdjurens utfodring och vård vid SLU, Växa Sverige, Statens veterinärmedicinska anstalt, RISE, LRF konsult, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet samt svenska mjölkproducenter som deltagit i arbetsgruppen och upplåtit sina foderanläggningar som demonstrationsexempel. Syftet har varit att mot bakgrund av nya förutsättningar beträffande gårdsstorlekar, tillgänglig teknik och kunskaper om foderutnyttjande underlätta mjölkgårdars övergång från industritillverkade kraftfoderblandningar till gårdsprocessade proteinfoder baserade på hemodlade eller regionalt inköpta proteinkällor. Svårigheter vid en sådan övergång, som projektet försökt lösa, är kunskapsluckor om konkreta lösningar på tekniska, logistiska och hygieniska problem, samt hur jämnheten i det gårdsprocessade fodret kan övervakas, liksom bristande tillgång på specialistrådgivning inom området. Arbetet har bedrivits genom att sammanställa kunskapsmaterial till allmänt tillgängliga rapporter och vägledningar, genom att knyta demonstrationsgårdar till projektet där lantbrukare kan se tekniska lösningar i praktiken, genom att utbilda specialistrådgivare samt genom att i forskning ta fram tillämpbar kunskap om övervakning av fodrets jämnhet via variation i mjölkens ureahalt. Vår förhoppning är att projektets resultat ska bidra till att långsiktigt stärka konkurrenskraften i svensk mjölkproduktion.

Projektet har genomförts med finansiering från Familjen Kamprads stiftelse.

Uppsala i juni 2019

Torsten Eriksson, projektledare



Denna rapport ingår i projektet ”Förbättrat utnyttjande av regionalt odlade proteinfoder till svenska mjölkkor genom styrning från mjölkens ureahalt” och har finansierats av Familjen Kamprads Stiftelse. Projektet är ett samarbete mellan SLU och Växa Sverige.

Innehåll

Sammanfattning.....	8
Inledning.....	9
Spannmålskonservering.....	9
Förebygga kvalitetsproblem	10
Val av konserveringsmetod	11
Olika typer av torkar	14
Konventionella varmluftstorkar	14
Kallluftstorkar	17
Silotork med omrörare	19
Luftning eller kylning med hjälp av kylaggregat	22
Förlopp och behov av luftmängder vid luftning.....	23
Konservering av spannmålen fuktig.....	24
Syrabehandling	24
Lufttät lagring	26
Krossensilering av spannmål i slang	27
Ammoniakbehandling.....	31
Lagringsutrymmen för spannmål.....	32
Lagringsilor för torkad spannmål	33
Planlager	34
Lagringsutrymmen för syrabehandlad spannmål	35
Transportsystem för spannmål och kraftfoder.....	35
Inlastningsficka	36
Transportörer	37
Utlastningsficka	40
Rensning	40
Fodertillverkning på gården	41
Utfodringsystem.....	41
Förutsättningar för en effektiv kraftfoderstyrning.....	42
Kraftfodrets sammansättning.....	42
Portioneringsnoggrannhet	43
Beredning av kraftfoder samt av fodermix.....	45

Hammarkvarn	46
Skivkvarn	47
Krossning	48
Blandning	50
Pelletering.....	52
Rostning	53
Lagring av kraftfoder.....	55
Val av silostorlek.....	55
Förhindra separation	56
Förhindra valvbildning.....	57
Sammanfattning lagring	57
Val av foderberedningssystem	57
Mer att läsa om foderberedning	58

Sammanfattning

Kostnadsläget inom mjölkproduktionen har drivit fram en omfattande strukturrationalisering samtidigt som det har skett en kraftig ökning av mjölkproduktionen per ko och år under de senaste 20 åren. Fodret utgör nära hälften av den totala produktionskostnaden. En möjlighet att sänka foderkostnaden är att i större utsträckning gårdsbereda även kraftfodret baserat på egna eller närproducerade foderråvaror. För att bibehålla en hög produktion och en god hälsa måste mjölkornas foderstat vara balanserad och utan alltför stora variationer, vilket kräver goda kunskaper om hur råvarorna bör behandlas och beredas till färdigt foder.

Rapporten inleds med en sammanfattande beskrivning av olika konserveringsmetoder samt deras för- och nackdelar. Därefter görs kortare beskrivningar av de olika konserveringsmetoderna. Torkning av spannmålen är den vanligaste metoden och fungerar med alla typer av foderberednings- och utfodringssystem medan valmöjligheterna är mer begränsade när spannmålen konserveras och lagras fuktig. De senare metoderna, vilka kräver mer kunskaper av användaren, är dock energisnålare och kan vara mer lönsamma om de tillämpas på rätt sätt och under rätt förutsättningar.

Utfodringssystemen kan indelas i mobila och fasta system, där de mobila i de flesta fall har minst krav på fodrets struktur och fukthalt. Förutsättningar för lönsamhet är att kraven på näringsinnehåll, struktur, hygienisk kvalitet, mängd och utfodringsfrekvens uppfylls. För att korna skall kunna tillgodogöra sig näringsinnehållet måste fodersäden sönderdelas, varför en genomgång görs av de olika sönderdelningsmetoderna. Även genomgångar av olika typer av blandare för kraftfoder och för fullfoder redovisas. En viktig åtgärd är att minska riskerna för separation hos fodret och hur detta kan motverkas i transportörer och lagringssilor, vilket redovisas. Dessutom görs en kortfattad genomgång av teknik för pelletering som metod för att minska risken för näringsmässig separation och för att förbättra kraftfodrets transportegenskaper, samt av rostning av åkerböna för att förbättra proteinets egenskaper. Rapporten skall ses som en översiktlig genomgång av området hantering och lagring av spannmål samt beredning av kraftfoder på gården. För vidare studier redovisas även fördjupningslitteratur.

Inledning

Det sker en omfattande strukturrationalisering inom den svenska mjölkproduktionen, vilket bland annat har inneburit att antalet mjölkproducenter har halverats vart tionde år de senaste trettio åren samtidigt som besättningsstorleken har ökat (SJV, Jordbruket i siffror). Under samma period har mjölkproduktionen per ko och år ökat med nästan 50 % och uppgick 2017/2018 till 10 146 kg ECM (energikorrigerad mjölk) i Kokontrollen. En hög mjölkproduktion förutsätter en balanserad foderstat utan stora variationer för att en god hälsa och produktion skall bibehållas. Fodret utgör nära hälften av den totala produktionskostnaden. Kraftfodret, vilket utgör en stor del av denna kostnad, är ofta inköpt. Att istället gårdsbereda detta, baserat på egna eller närproducerade foderråvaror som spannmål, trindsäd och oljeväxter, kan vara en möjlighet att sänka foderkostnaden. Närmare 2 miljoner ton av den svenska spannmålsproduktionen, som i medeltal uppgår till ca 5,5 miljon ton per år, används till foder på den egna gården. Konservering och lagring av dessa kraftfoderråvaror ingår därför som en viktig del i animalieproduktionens teknik och ekonomi och redovisas därför inledningsvis.

Spannmålskonservering

I Sverige skördas spannmålen nästan alltid med för hög vattenhalt för att vara lagringsstabil. För att undvika mikrobiella angrepp som leder till förluster av torrs substans samt bildning av hälsostörande mögelgifter, vilka bl.a. försämrar immunförsvaret, behöver spannmålen konserveras direkt efter skörd. Mögelsvampar är den främsta orsaken till lagringsskador hos spannmål, medan förekomsten av patogener, sjukdomsframkallande mikroorganismer, som exempelvis salmonella är förhållandevis sällsynt i svensk spannmål.

De viktigaste faktorerna som påverkar mikrobiell tillväxt är förutom tillgång på näring foderråvarans vattenhalt, temperatur, tillgång på syre samt förekomst av antimikrobiella substanser. Lagringsstabilitet kan därför uppnås/förbättras genom att:

- Sänka vattenhalten – torkning
- Sänka temperaturen – kyla med omgivningsluft alternativt med hjälp av kylmaskin
- Hindra syretillförsel – lufttät lagring
- Tillsätta konserveringsmedel.

De olika konserveringsprinciperna ovan kombineras emellanåt. Exempelvis torkning kan kombineras med sänkning av temperaturen, vilket medger en något högre lagringsvattenhalt. Om spannmålets vattenhalt är tillräckligt hög vid lufttät lagring så

förstärks skyddet genom en ensileringsprocess, där tillväxande mjölksyrabakterier producerar pH-sänkande organiska syror och därmed konkurrerar ut oönskade mikroorganismer.

Förebygga kvalitetsproblem

För att uppnå ett bra resultat i animalieproduktionen är en förutsättning att foderåvarorna är av fullgod kvalitet både näringsmässigt och beträffande hygienisk kvalitet. Vid gårdsberedning av foder baserat på egna foderråvaror har man möjlighet till full kontroll av detta. Olika studier har visat att det förekommer mest problem med spannmåls hygieniska kvalitet efter skörd de år när skördevatthalterna varit höga. Vid dimensionering av mottagningskapaciteten är det därför viktigt att konserveringsanläggningen är dimensionerad för att klara av även besvärliga skördeförhållanden och/eller höga skördar så att liggtiderna innan spannmålen konserveras inte blir för långa. I tabell 1 redovisas hur lång tid man kan lagra nyskördad spannmål vid olika vattenhalter och temperaturer innan man riskerar att mögelsvampar börjar tillväxa. Tiderna förutsätter att spannmålen kyls genom luftning. Om fuktig spannmål lagras oluftad tar den värme, vilket leder till att förskämningprocesserna går snabbare. Av tabellen framgår det att dessa inleds snabbt vid höga vattenhalter, men att de kan bromsas något om omgivningstemperaturen medger kylning. Risken för att svampgifter, mykotoxiner, skall bildas föreligger från ca 18 % vattenhalt och inleds redan i samband med att mögelsvampen börjar sporulera, d.v.s. bilda sporer. Spannmåls hygieniska kvalitet bör undersökas några gånger under lagringsperioden för att få en uppfattning om konserveringen har fungerat tillfredsställande. Genom spannmåls lukt, vilket förutsätter rumsvarm spannmål, kan man göra en första grov kontroll av om det förekommer mögel eller inte. Det kan dock vara svårt att fastställa om en kvalitetsförsämring har inträffat. Bäst är att några gånger per år lämna prov för mikrobiell analys.

Tabell 1. Ungefärlig maximal lagringstid utan risk för mikrobiella skador vid olika vattenhalter och temperaturer hos spannmål. Lagringstiderna förutsätter luftning. Angivna lagringstider för 17 % och 26 % vattenhalter är extrapolerade värden och därför något osäkrare. Resultaten är baserade på lagringsstudier med nyskördat höstvetete vid JTI.

Temperatur °C	Tillgänglig tid, dagar, vid skördevatthalt, %					
	17,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0
25	15	9	4	2,5	1,7	1,3
20	26	15	7	4	3	2,5
15	50	30	11	8	5	4
10	100	56	23	12	8	6,5

Val av konserveringsmetod

I bild 1 redovisas en uppskattning av olika konserveringsmetoders omfattning i Sverige. Torkning, vilket är en förutsättning vid försäljning av spannmål, dominerar medan våtlagringsmetoderna endast förekommer i begränsad omfattning.

Ett första steg i arbetet med val av system och metod för spannmålshantering/konservering är att försöka klargöra gårdens framtida inriktning för att undvika kostsamma felval på sikt. Exempel på viktiga faktorer som påverkar valet av konserveringsmetod till foderspannmål är metodens kostnader, tillförlitlighet och om det förekommer höga skördevattenhalter. Höga vattenhalter minskar valmöjligheterna samtidigt som hantlingssegenskaperna försämras.

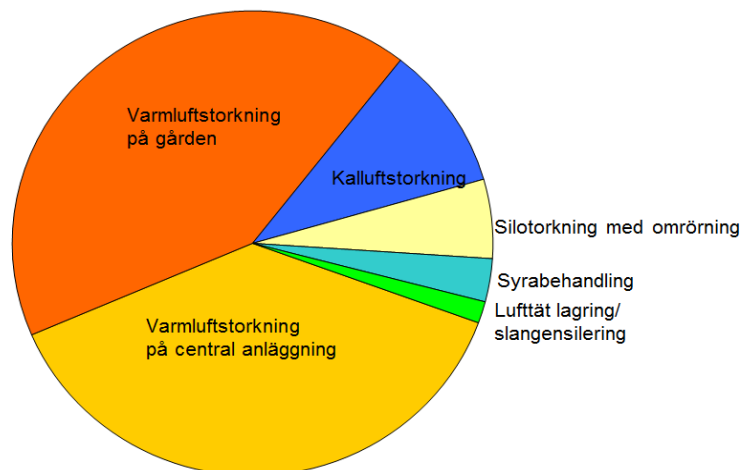


Bild 1. En uppskattning av konserveringsmetodernas omfattning 2013. (Källa: JTI)

I tabell 2 listas en jämförelse av fördelar och nackdelar med olika konserveringsmetoder, vilket skall ses som en uppskattning.

Tabell 2. Exempel på fördelar och nackdelar med olika konserveringsmetoder.

Metod	Användningsomr.	Investeringsbehov	Rörlig kostnad	Energi-förbrukning	Skörde-vattenhalt	Val av utfodrings-system	Hygienisk säkerhet
V-torkning utan buffertlagring	Samtliga	–	–	–	Obegränsad	Alla	++
V-torkning med buffertlagring	Samtliga	–	–	–	Obegränsad	Alla	±
Omrörartork & tillsatsvärme	Samtliga	±	–	–	< 25 %	Alla	±
Kallluftstorkning med tillsatsvärme	Samtliga	+	±	±	< 25 %	Alla	±
Syrabehandling	Foder på gården	++	–	±	< 25 %	Begränsat	±
Lufttät lagring	Foder på gården	±	+	++	< 25 %	Begränsat	(±)
Slangensilering	Foder på gården	±	+	++	> 25-30 %	Begränsat	(±)

() = med viss tvekan

Beträffande utfodringsteknik fungerar torra foderråvaror med samtliga typer av system, medan valmöjligheterna blir mer begränsade om de är fuktiga på grund av sämre flödesegenskaper och hållbarhet. Flödesegenskaperna hos fuktigt foder kan dock förbättras betydligt genom pelletering. Metoden kräver dock sannolikt större fodervolymer för att bli konkurrenskraftig. Den säkraste och mest beprövade metoden är varmluftstorkning, vilken kräver förhållandevis stora spannmålsvolymmer för att bli konkurrenskraftig vid en nyinvestering i en komplett anläggning. Om man trots mindre spannmålsvolymmer vill nyinvestera i varmluftstorkning, kan man räkna på enklare lösningar med exempelvis mobila torkar och/eller planlagring i befintliga byggnader alternativt att man samverkar med grannar om en torkanläggning. Enligt en studie vid JTI 2006 kan lönsamheten förbättras med upp till 1 000 kr per hektar genom att lantbrukare samverkar om skörd och torkning inom enheter på 500 - 1000 hektar åker.

Torkning i silor utrustade med omrörare och tillsatsvärme är en konkurrenskraftig metod när det inte finns krav på sårhållning av olika kvaliteter och lagringsvolymerna är stora. Kostnaderna för planbottentorkning (med tillsatsvärme) och syrabehandling påverkas däremot inte lika negativt av små volymer, framför allt om lagringen kan ske i befintliga byggnader. Med introduktionen av planbottentorkar med körbara golv har även kallluftstorkningsmetoden blivit mer rationell och därmed ökat i omfattning. Både kallluftstorkning och silotorkning med omrörning är långsamtorkningsmetoder, vilka är

olämpliga i områden där det ofta förekommer höga skördevattenhalter. Detta gäller även syrabehandling och lufttät lagring i silor. Ensilering av krossad spannmål förutsätter däremot höga vattenhalter och passar bäst i områden där det är möjligt att under en stor del av skörden skörda spannmålen vid vattenhalter över 25–30 %. I tabell 3 visas genomsnittliga skördevattenhalter för olika produktionsområden enligt data från SLU:s sortförsök. Det är medelvärden som redovisas, i praktiken förekommer det därför betydligt högre skördevattenhalter på enskilda gårdar och under besvärliga år.

Tabell 3. Genomsnittliga skördevattenhalter för de vanligaste sädesslagen under perioden 1990-2004 för olika odlingsområden baserat på data från SLU:s sortförsök.

Sädesslag	Produktionsområde ¹⁾			
	Gss	Gns	Ss	Ssk
Höstvete	16,9	17,7	19,0	23,1
Vårvete	17,2	21,3	20,1	21,0
Vårkorn	17,3	19,9	20,3	21,5
Havre	16,9	19,8	18,4	22,4
Vårraps	15,3	14,9	15,9	15,7
Höstraps	11,5	13,1	-	-

1) Gss=Götalands södra slättbygder, Gns=Götalands norra slättbygder, Ss= Svealands slättbygder, Ssk= Svealands skogsbygder

Av tabellen framgår att skördevattenhalten i allmänhet är högre längre norrut i landet. Standardavvikelsen för medelvärdena från olika år låg oftast runt 3 procentenheter. Detta kan tolkas som att vid minst två av åren under femtonårsperioden förekom det mycket fuktiga skördeförhållanden med medelvattenhalter mer än tre procentenheter högre än genomsnittet. Uppskattningsvis ligger skördevattenhalterna i de nedre Norrlandslänen i snitt ett par procentenheter över nivån för Svealands skogsbygder. En nyligen genomförd modellstudie av skördetröskning vid JTI baserad på 20 års historiska väderleksdata motsäger något att skördeförhållandena oftast är gynnsammare i sydligaste Sverige. Enligt denna studie var förekomsten av perioder med besvärliga skördeförhållanden betydligt vanligare i Skåne (vartannat år) och Östergötland (vart tredje år) än i Uppland (vart sjätte år). Denna studie visade också på vikten av att komma igång med skörden tidigt, redan innan spannmålets vattenhalt når 20 %, för att undvika sen skörd när dagarna är kortare och väderleken är fuktigare varvid spannmålen riskerar att fuktas upp.

Olika typer av torkar

I bild 2 redovisas de vanligaste typerna av torkar och torkningsanläggningar som finns på den svenska marknaden. De första typerna av anläggningar för varmluftstorkning som förekom på större gårdar var utrustade med balktorkar eller schakttorkar och försedda med många mindre lagringsfickor placerade inomhus, bild 2a. Denna anläggningstyp ger goda möjligheter till särskild skötsel av olika kvaliteter och en väl skyddad lagringsmiljö för den torkade spannmålen. I en modernare variant är torkanläggningen placerad helt eller delvis utomhus, med ett fåtal stora silor för att minska investeringskostnaderna, bild 2b. När man inte önskar göra stora investeringar i en fast anläggning kan en mobil utomhusplacerad varmluftstork vara ett alternativ, bild 2c. Den lämpar sig bäst om man har tillgång till befintliga byggnader för planlagring eller om man avser att leverera spannmålen direkt efter torkningen. Några nya torktyper har dock tillkommit, bland annat en variant av silotork med bottenluftning (tillsatsvärme + 15 till 20°C) utrustad med omröringskruvar, bild 2d, samt ett par varianter av "liggande" varmluftstorkar (bandtork) med lägre krav på inbyggnadshöjd och som även kan vara mobila, bild 2e. Även kallluftstorkar (tillsatsvärme +5 till +7°C) med körbara golv, vilket möjliggör en rationell spannmålshantering, får räknas till nytillskotten, bild 2f.

En översikt av nästan alla torkleverantörer återfinns på Lantbruksnets hemsida <http://lantbruksnet.se/lantbruksnet/kategori/utrustning.php?aid=59>

Konventionella varmluftstorkar

De typer av konventionella varmluftstorkar som förekommer på den svenska marknaden, vilka antingen kan vara fast installerade eller mobila, kan indelas i:

- satstork med stillaliggande spannmål
- cirkulationstork, vilket är en satstork där spannmålssatsen cirkulerar under torkningen
- kontinuerliga torkar, vilka fylls på och töms under hela tiden torkningen pågår

Vissa torkar kan fungera alternativt som satstork med stillaliggande spannmål, cirkulationstork eller kontinuerlig tork. I en satstork torkas spannmålen stillaliggande eller cirkulerande tills den är färdigtorkad. Efter torkningen kyls spannmålen med uteluft, oftast direkt i torken, innan den flyttas till lagringsfickan. I en kontinuerlig tork sjunker spannmålen sakta ned förbi torkzonen och kylzonen med en hastighet som är anpassad så att önskad lagringsvattenhalt nås. Samtidigt fylls otorkad spannmål på i våtfickan/sjunkzonen vid torkens topp. Tiden för torkning respektive kylning är i denna torktyp inte oberoende av varandra, varför kylningen ofta blir otillräcklig vid låga

skördevattenhalter hos spannmålen. Det är dock ofta möjligt att ställa om en del av torkzonen till kylzon.

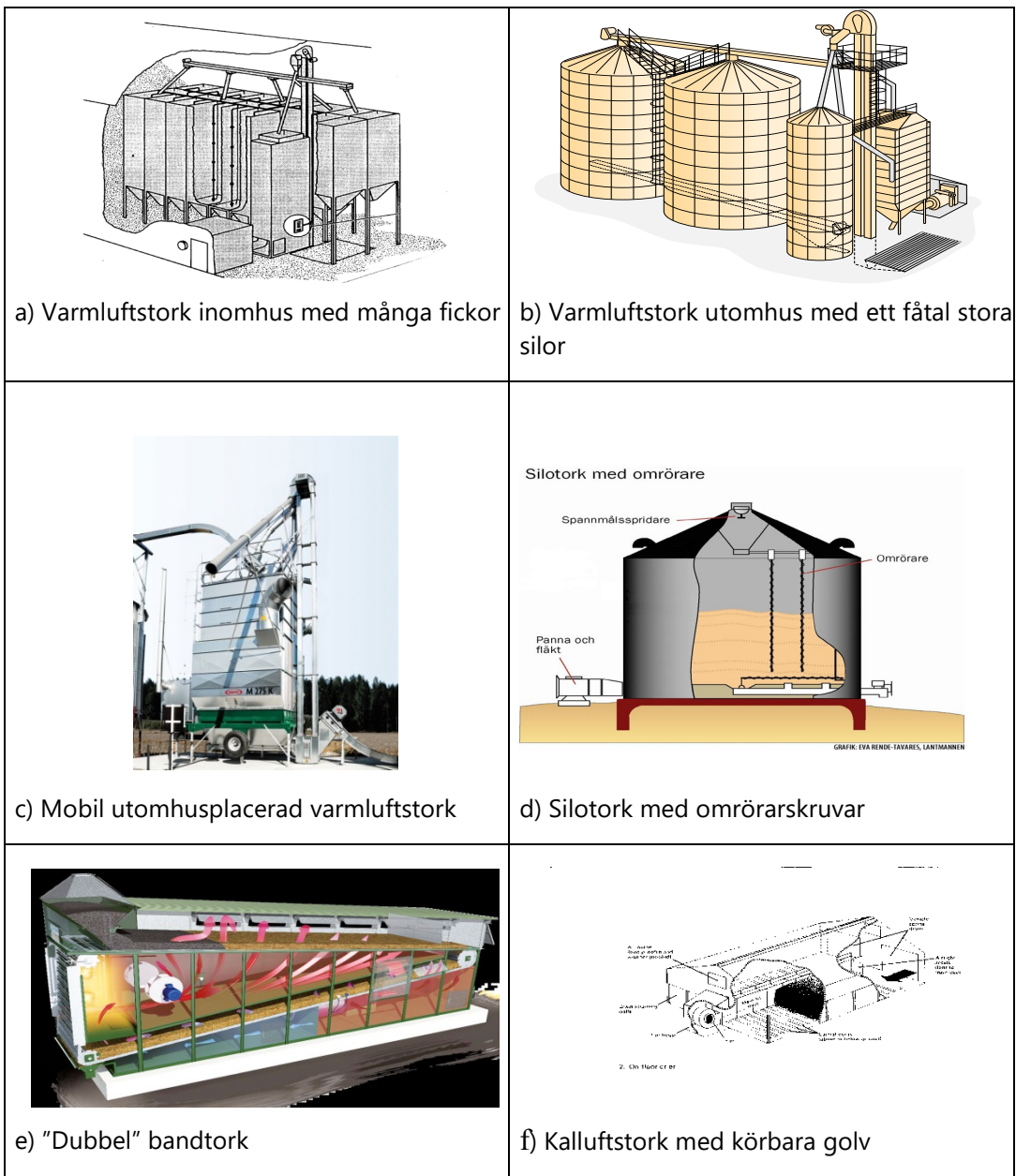


Bild 2. Översikt av olika torktyper på den svenska marknaden (Källa: JTI, torktillverkare samt Lantmannen)

Torkarna kan också indelas efter hur luften tillförs spannmålen; tvärströmstorkar där torken är utrustad med ett schakt för spannmålen (bild 3a), eller med ett band (bild 2e), och blandflödestorkar där torken är utrustad med v-formade balkar (bild 3b). Två andra torktyper som förekommer enligt denna indelning är medströms- och motströmstorkar. Balk- och schaktstorkar är de vanligast förekommande torktyperna, medan de två övriga torktyperna inte marknadsförs för spannmål i Sverige.

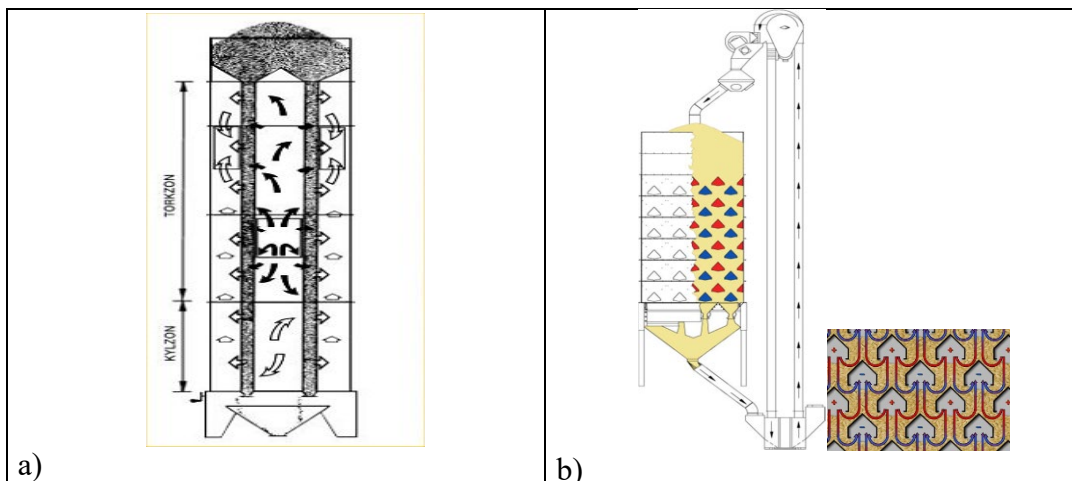


Bild 3. Luftfördelningssystemet i de konventionella varmluftstorkar som förekommer på den svenska marknaden är antingen utformade med schakt (tvärströmstork) a) eller med v-formade balkar (blandflödestork) b) där luftflödet går från tillufts-balkarna (röda) till frånlufts-balkarna (blå). Bilderna redovisar torkar där spannmålen rör sig vertikalt med hjälp av tyngdkraften.

Lämpliga torkluftstemperaturer

För att få en så hög kapacitet och låg energiförbrukning och därmed en så ekonomisk torkning som möjligt vid varmluftstorkning i konventionella torkar bör högsta möjliga torkluftstemperatur användas utan att relevanta kvalitetsegenskaper försämras, bild 4.

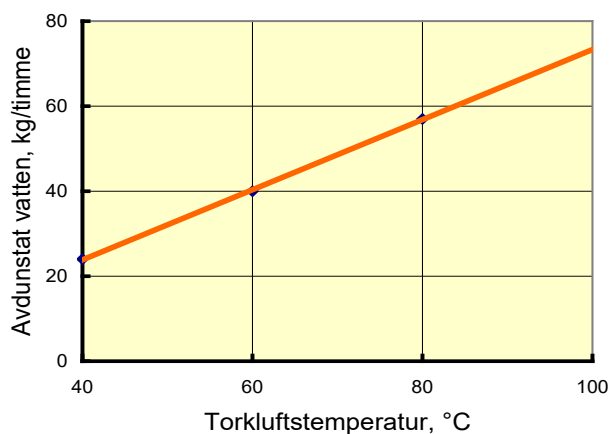


Bild 4. Exempel på hur temperaturen hos torkluften påverkar torkens kapacitet. (Källa: JTI)

Av diagrammet framgår att torkens kapacitet i detta exempel nästan fördubblas, om torkluftens temperatur höjs från 50° till 80°C. I torkar där spannmålen inte omblandas nämnvärt under torkningen riskerar delar av spannmålen att uppnå torkluftens temperatur. I dessa torktyper bör inte torkluftens temperatur överstiga de temperaturnivåer som orsakar oönskade kärnsador. Skadans omfattning bestäms

förutom av kärnans temperatur också av exponeringstiden och av kärnans vattenhalt. De skador som uppstår ordnade efter stigande kärntemperatur är:

- Förlust av grobarhet vid temperaturer mellan 60 och 65°C.
- Försämringar av bakkingskvaliteten inleds vid en temperatur mellan 65 och 70°C.
- Förlust av aminosyror. Den essentiella aminosyran lysin börjar skadas vid kärntemperaturer över 105°C.
- Stärkelsen skadas vid kärntemperaturer över 105°C. Redan lägre temperaturer kan medföra färgförändringar på mjölet samt sänkt mjölutbyte. Hos foder till idisslare kan dock denna typ av skada innebära en förhöjd smältbarhet hos stärkelsen.
- Vid kärntemperaturer över 120°C förkolas kärnan varvid energiinnehållet minskar och kärnan får en mörkare färg.

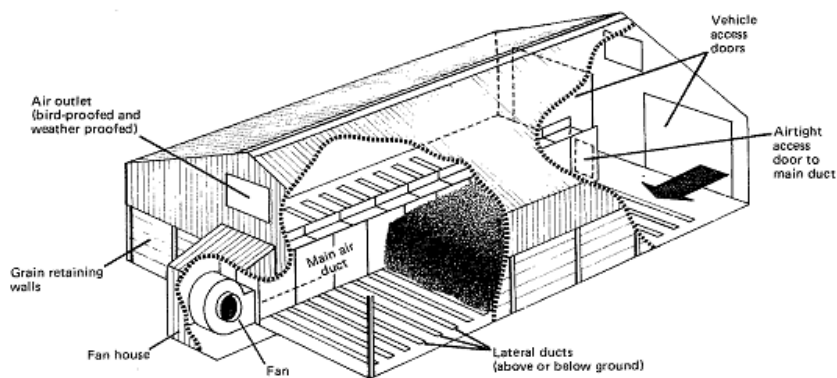
Om spannmålen skall användas till foder kan höga torkluftstemperaturer användas, av brandsäkerhetsskäl dock maximalt 85°C vid placering av torren i brännbar byggnad. Om torren är placerad utomhus tillåts torkluftstemperaturer upp till 120°C under vissa förutsättningar, vilka framgår av Lantbrukets Brandskyddskommittés informationsmaterial (www.svbf.se). Det är lämpligt att inte använda högre temperatur än 60°C vid torkning av trindsäd till foder för att undvika kraftig sprickbildning och sönderdelning av kärnorna. För oljeväxter rekommenderar Lantmännen Säker Spannmål en torkluftstemperatur på max 65°C. Småfröiga material som raps och rybs torkar snabbt, varför det är viktigt att ha god kontroll på torkningsprocessen. Ett par procentenheter lägre vattenhalter än den mikrobiellt lagringsstabila (8 %) medför ökad andel frön med mekaniska skador, vilket kan leda till att fett i fröet härsknar. Orsaken är oxidation, vilket även kan leda till kraftig värmebildning.

Vid val av varmluftstork är det viktigt att kapaciteten blir rätt och framför allt inte för låg för att undvika långa liggtider för fuktig spannmål. Mer om hur man beräknar behovet av torkningskapacitet m.m. redovisas i "Uppdatering av gårdens varmluftstork" (Jonsson N).

<http://www.greppa.nu/download/18.16b04c01371197347d80001782/1370098004185/Uppdatering+av+g%C3%A5rdens+spannm%C3%A5lstork+SLA+Rapport.pdf>

Kallluftstorkar

För att få en rationell hantering av spannmålen vid planbottentorkning behöver golvet vara körbart. Denna utformning möjliggör även torkning av andra material (t.ex. hö, halm, flis, virke). Torren kan även användas för maskinförvaring under förutsättning att oljeläckage undviks. Internationellt sker det en relativt omfattande kallluftstorkning av spannmål i planlager, bild 5.



2. On-floor drier

Bild 5. Engelsk planlagertork med körbart golv och nedsänkta luftkanaler

Torknings- och lagringshöjder upp till 3 meter förekommer, vilket dock förutsätter effektkrävande fläktar och relativt låga skördevattenhalter. Torkluften tillförs antingen i kanaler med ett visst avstånd mellan varandra eller genom ett helperpererat golv, som ger jämnast lufttillförsel. Enligt rekommendationer framtagna av JTI bör planbottentorkar under svenska förhållanden dimensioneras för en lagringshöjd under torkningen av 1 m. Detta motiveras av att en tillräckligt hög specifik luftmängd, 600 till 1000 m³/ton & timme, skall kunna uppnås till en rimlig flätkostnad. Denna luftmängd/lagringshöjd är anpassad så att spannmål med upp till 20 till 22 % skörde-vattenhalt skall hinna torka innan mögelsvampar börjar växa vid frånluftssidan. Om torkarna utrustas med en flyttbar omrörarutrustning bör en högre lagringshöjd, upp till 1,5 m, kunna fungera väl till foderspannmål om vattenhalten är under 20 %. Denna typ av utrustning är dock ny och oprövad på den svenska marknaden. Torkarna skall också vara utrustade med tillsatsvärme som vid behov kan höja torkluftens temperatur med 5 till 7°C. Högre tillsatsvärmtemperatur är olämplig då det ger upphov till kondensbildning i spannmålen vid frånluftssidan om inte en omrörarskruv används.

En svensk variant av körbar planbottentork, den s.k. Östgötatorken, följer JTI:s luftmängdsrekommendationer. Denna tork lämpar sig för självbygge med eget virke, vilket kan sänka investeringsbehovet betydligt, speciellt om den kan placeras i en befintlig byggnad. För att kunna bevara en tillräcklig och jämn lufttillförsel i alla delar av torken är det viktigt att torken byggs så att det lätt går att rengöra tilluftskanalerna under det körbara golvet. En hel del kärnor pressas igenom det perforerade golvet av traktorns däck, vilket leder till att råttor och möss bosätter sig i luftkanalerna och försvårar luftflödet om dessa inte rengörs varje år när lagret tömts.

Man bör kontakta en konsult som är kunnig på denna typ av tork när anläggningen skall dimensioneras och utformas. Kallluftstorkning rekommenderas inte i områden där vattenhalten vid skörd ofta är över 25 %, exempelvis i stora delar av norra Sverige. En

långsamtorkningsmetod som kallluftstorkning är en energieffektiv och därmed lämplig metod för svårtorkade storfröiga sädeslag som åkerböna. Stora frön kräver dock att golvet är helperforerat för att torkgodset närmast golvet skall torkas.

Mer om hur en kallluftstork fungerar, bör dimensioneras och användas framgår av Tekla 26 "Kallluftstorkning av spannmål", JTI-rapport 112 "Kallluftstorkning av ärter", JTI-rapport nr 432 "Torkning och lagring av spannmål på gården", JTI-rapport nr 437 "Konservering och lagring av åkerböna vid besvärliga skördeförhållanden" samt Meddelande nr 276 från JTI "Hur man bygger och använder en planbottentork för spannmål".

Silotork med omrörare

Silotorksmetoden, som har sitt ursprung i USA och funnits i Sverige sedan millenniumskiftet, har haft ett snabbt genomslag på marknaden och i dagsläget har metoden uppskattningsvis en sammanlagd lagringskapacitet av motsvarande 7-10 % av den svenska årsproduktionen. De främsta orsakerna till framgångarna för detta amerikanska torksystem är en relativt låg investeringskostnad när silostorleken är > 300 m³ i kombination med att lönsamheten för spannmålsproduktionen har varit låg och att lantbrukarna upplever metoden som enkel att använda.

Torkens funktion

Silotorken utgörs av en stålsilo utrustad med centrifugalfläkt, varmluftspanna, tryckkammare och perforerad botten för att med hjälp av ett vertikalt luftflöde torka spannmålen, bild 6. Silovolymen mellan 50 och 2100 m³ förekommer där lagringshöjden inte bör överskrida 7-8 m för att möjliggöra luftgenomgång. Den höga lagringshöjden ger dock en låg specifik luftmängd vid full silo (ofta 40-60 m³/ton), varför det krävs en förhållandevis hög temperatur (35-45°C) för att torkluften skall uppnå en acceptabel kapacitet beträffande att ta upp och transporter bort vatten ur torken. För att det inte skall uppstå ett kondensskikt vid frånluftssidan måste spannmålen blandas om under torkningen. Omblandningen sker med hjälp av vertikala vandrande skruvar. Dessa är utformade som en transportskruv utan hölje och har en relativt liten diameter, i storleksordning 50 mm.

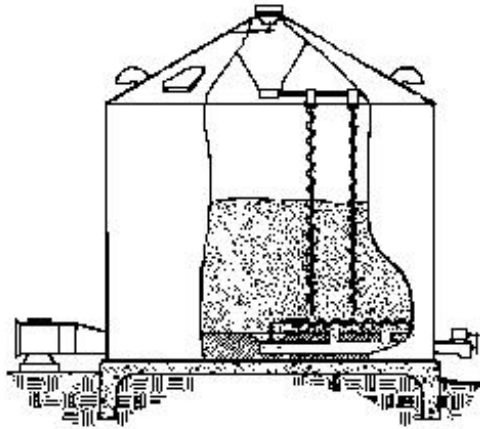


Bild 6. Silotork utrustad med fläkt, gasolbrännare enligt amerikansk modell och omrörare. (MWPS – 13)

Arbetsmönstret för skruvarna är olika för olika fabrikat, men samtliga fabrikat uppger att hela silons yta skall ha passerats inom ett till två dygn. Utan denna omblandning skulle det förutom ett kondensskikt snabbt inträffa en mikrobiell tillväxt i den otorkade spannmålen närmast frånluftsidan. Genom att den sist inlagda spannmålen inblandas i den redan delvis torkade spannmålen uppnås en mer samtidig torkning av hela torkskiktet. En nackdel med omblandningen är att torkluftens vattenupptagande förmåga samtidigt minskar något. För att undvika att omblandningsskruvarna kolliderar med tömningsskruven slutar dessa ca en halv meter ovanför silobotten. Detta leder till att spannmålen närmast botten inte omblandas, varför denna spannmål övertorkas kraftigt vid höga torkluftstemperaturer. Oftast rekommenderas att omblandningsskruvarna skall gå under hela inläggningen och under den fortsatta torkningen samt gärna ytterligare en vecka för att spannmålen skall få en acceptabelt jämn vattenhalt under lagringen. På grund av att de specifika luftmängder som förekommer vid full lagringshöjd oftast är mindre än 1/40 av luftmängden som används vid varmluftstorkning blir torkningen utdragen trots att varmluft används. Vid normala skördevatthalter tar torkningen ofta mer än en vecka. Om flera silotorkar används behövs mer än en varmluftspanna så att tillsatsvärme kan tillföras redan från början när nästa silo fylls. Vid höga skördevatthalter måste inläggningstakten/-höjden begränsas för att undvika kvalitetskador på spannmålen orsakad av mögelväxt. Torken kan då fungera som satstork. Lägre lagringshöjder bör eftersträvas, amerikanska rådgivningens rekommendation är max 5 m under torkningen. Det förekommer dock att högre lagringshöjder än 7 till 8 m används, vilket bör sänka torkens prestanda väsentligen och öka risken för en försämrad hygienisk kvalitet.

Det finns olika lösningar för in- och uttransporten av spannmålen. Vanligaste och billigaste lösningen för inläggning av spannmålen är en mobil traktordriven skruv med

hög kapacitet. Ett annat system som används för både inläggning och uttagning är en rörformig skrapelevator, en s.k. grainpump, vilken kopplar ihop alla silor i toppen och botten i en slinga. Den metod som gör inläggningen minst arbetskrävande är sannolikt en konventionell grop som rymmer hela lasset samt elevator eller grainpump. Silotorken töms oftast med en utvändigt monterad högkapacitetsskruv i förbindelse med en golvsveperskruv direkt i lastbillasset.

Erfarenheter av metoden

Erfarenheterna från JTI:s studier kan sammanfattas enligt följande:

- Silotorkning med omrörning är i allmänhet en lättanvänd metod och medger en rationell spannmålshantering om kravet på särhållning är begränsat.
- Torken har ett utdraget torkningsförlopp (vid JTI:s mätningar upp till 2 veckor), vilket kan medföra kvalitetsproblem framför allt vid skördevattenhalter över 20 % om inte inläggningstakten anpassas.
- Energiförbrukningen vid torkningen är i nivå med eller högre jämfört med hos en konventionell varmluftstork utan värmeåtervinning.
- Luftgenomgången var i vissa fall sämre i centrum av silon, sannolikt på grund av en något högre lagringshöjd, vilket bidrog till en högre lagringsvattenhalt. Omblandningen i sidled är mycket begränsad.
- Det är viktigt att spannmålen kyls och omblandas tillräckligt efter avslutad torkning för att minska vattenhaltsvariationerna under lagringen samt risken för fuktvandring med åtföljande mögelhärdar och omfattande mykotoxinbildning.
- Svårigheter att rengöra tilluftskanaler och silons innertak (kondensbeläggningar), vilket kan leda till hygieniska problem.
- Enligt en lagringsstudie i laboratorieskala verkar omrörningen medföra en något långsammare tillväxt av skadliga mögelsvampar. Om en tillväxt kommer igång sprids den dock snabbt i hela spannmålsskiktet.
- På grund av att skördekapaciteten ofta är hög och torkningsförloppet utdraget bör det finnas tillräckligt många varmluftspannor så torkning med varmluft kan inledas så fort som en ny silo börjar fyllas. Övergång till biobränsleeldade uppvärmningssystem får inte innebära en sänkning av tillförd effekt, vilket annars kan leda till för långa torkningstider och därmed riskera spannmålets foder- och livsmedelssäkerhet.
- Förutsättningarna för torkning av spannmål varierar i landet, leverantören av torkningsanläggning är dock alltid ansvarig för att anläggningen är rätt dimensionerad.

Mer att läsa: "Utvärdering av ett silotorksystem för spannmål utrustat med omrörare" (H Westlin), examensarbete handledt av JTI, "Torkning och lagring av spannmål på gården" JTI-rapport nr 432, "Uppdatering av gårdens spannmålstork" SLA-rapport (N Jonsson).

Luftning eller kylning med hjälp av kylaggregat

Om man vill vara säker på en god hygienisk kvalitet hos spannmål och trindsäd vid helårslagring bör de torkas till $\leq 14\%$ medan raps bör torkas till $< 9\%$ vattenhalt. För att undvika fuktvandring under lagringen bör sädens temperatur helst inte överstiga omgivningens temperatur med mer än 7°C . Detta förutsätter att det finns luftningsmöjligheter i lagringsfickorna. Om luftningsmöjligheter saknas är det lämpligt att torka bort ytterligare en procentenhet vatten och se till att temperaturen inte överstiger 20°C när säden lämnar torken, vilket dock kan vara svårt att alltid uppfylla.

För att erhålla en bra struktur vid sönderdelning av spannmål och trindsäd och undvika kraftig damning kan det vara önskvärt med något högre lagringsvattenhalt hos foderspannmål och trindsäd. I tabell 4 redovisas en brittisk rekommendation om maximal säker lagringstid. Denna förutsätter noggrann kontroll av vattenhalten efter torkningen, att spannmålen kyls ned till högst 15°C efter torkningen, att den kan kyls ytterligare under lagringen samt att man har kontroll på spannmålens lagringstemperatur. Normalt bör det vara möjligt att relativt snabbt efter torkning kyla ned spannmålen till 15°C , vilket motsvarar medeltemperaturen för mellersta och södra Sverige under senare delen av augusti. Sverige har vanligtvis ett kallare vinterklimat än de brittiska öarna, och under en normal svensk vinter bör lagringen därför kunna pågå ytterligare någon månad. Om spannmålens vattenhalt inte är jämn i spannmålspartiet gäller lagringstiden för den fuktigaste delen. Kontroll av lagringsvattenhalten hos enstaka prov med en kalibrerad elektrisk snabbvattenhaltsmätare är inte tillräckligt tillförlitligt. Vattenhalten bör bestämmas hos flera prover från olika delar av lagret och analyserna bör kompletteras med väldokumenterade metoder där värmeskåp, NIT/NIR, värmelampa eller ugnsvåg används.

Tabell 4. Maximal lagringstid för foderspannmål om den snabbt kyls till $<15^\circ\text{C}$ (MAFF, 1966).

Lagringstid	Vattenhalt, %
< 4 veckor från skörd	17
< februari	16
< april	15
> april	14

Om kylningen sker med artificiellt kyld luft ned till 7 till 10°C kan spannmålen lagras uppskattningsvis dubbelt så lång tid om kylningen upprepas vid behov under lagringen. Metoden som började användas i Europa under 1960-talet nådde Sverige först under 1980-talet. På grund av investeringens omfattning krävs det att anläggningen används till förhållandevis stora volymer spannmål. I början användes metoden på en del stora gårdar i södra Sverige men i huvudsak förekommer metoden idag på spannmåls-mottagningar och foderfabriker. För att åstadkomma en temperatursänkning på kyl-luften passerar den ett aggregat uppbyggt enligt samma principer som ett kylskåp/värmepump. Anläggningen är mobil och kan därför flyttas mellan silor och spannmålsanläggningar.

Förlopp och behov av luftmängder vid luftning

När spannmål som lagras i tjocka skikt torkas eller kyls, sker detta inte likformigt i all spannmål på en och samma gång. Istället sker detta i två fronter, en snabb temperaturfront och en långsammare torknings- eller uppfuktningfront, vilka rör sig genom spannmålsskiktet i samma riktning som luftströmmen, bild 7. När kylzonen passerar sker det dock en mindre torkning med 0,5-0,75 procentenheter per 10°C nedkylning. Den till omfånget begränsade torkningseffekten förbättrar kylningen och leder till ett minskat luftmängdsbehov vid kylningen. Spannmålen vid frånluftssidan kyls inte förrän temperaturfronten passerar. Det åtgår mellan 700 och 1000 m³ luft per ton spannmål för att temperaturzonen skall passera igenom hela skiktet. Hur snabbt spannmålen bör kylas bestäms av spannmålens vattenhalt. Fuktig spannmål som buffertlagras innan torkning eller kyls bör vara kyld inom ett halvt dygn, vilket innebär att fläktarna bör dimensioneras så att den specifika luftmängden blir lägst 70 m³/ton och timme. Vid kylning av torr spannmål används specifika luftmängder från 10 m³/ton och timme och uppåt. Föra att få en jämn luftgenomgång och därmed kylning måste ytan vid frånluftssidan vara utjämnad. En fläkts lämplighet för ändamålet kan bestämmas med hjälp av fläktens karaktäristika, uppgifter om mängden spannmål och mottryck vid aktuell lagringshöjd.

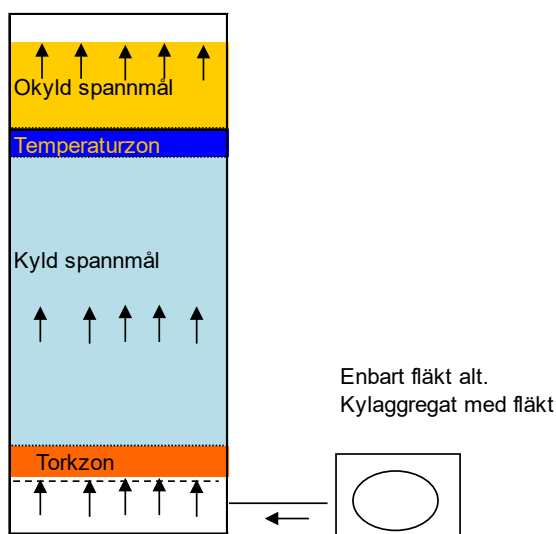


Bild 7. Kylningsförloppet vid luftning och artificiell kylning. (Källa: JTI)

Mer att läsa: "Lagring av spannmål i utomhussilor" JTI informerar nr 108 (G Lundin & N Jonsson). "Torkning och lagring av spannmål på gården – Energieffektiv och kvalitets-säker hantering" JTI-rapport lantbruk och industri nr 432 (N Jonsson). "Kyllagring av spannmål" JTI-meddelande nr 401 (G Lundin).

Konservering av spannmålen fuktig

Syrabehandling

Ett sätt att förhindra mikrobiell tillväxt i spannmål är att tillsätta ett konserveringsmedel. Propionsyra, som är en organisk fettsyra, är det mest använda konserveringsmedlet till foderspannmål. Tidigare användes också myrsyra i samma omfattning, vilken dock förbjöds som konserveringsmedel till spannmål då risken för aflatoxinbildning vid underdosering är hög. Även en underdosering av propionsyra kan leda till bildning av aflatoxin dock i lägre grad.

Syratillsättningen sker nästan alltid i anslutning till lagerutrymmet i samband med inläggningen. Oftast tillgår det på det sätt som åskådliggörs av bild 8. När spannmålen passerar intransportskruvens inmatningstratt eller nedre del, träffas den av en syradusch. Enligt JTI:s studie täcks då inte alla kärnor med syra men under skruvtransporten gnider kärnorna mot varandra, så att alla eller nästan alla bör bli syrabelagda.

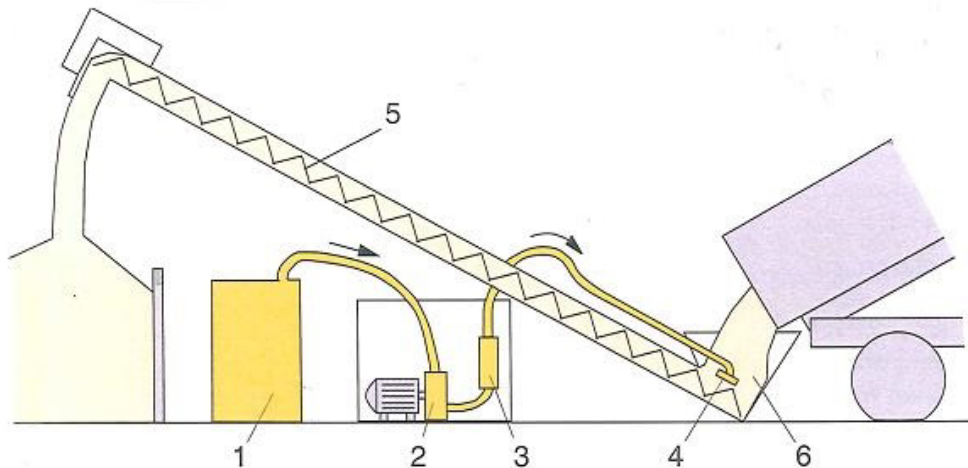


Bild 8. Principbild av utrustning för syrabehandling. 1. Syrafat, 2. Elmotor driven syrapump, 3. Flödesmätare med nivåvakt, 4. Spridare, 5. Transportskruv, minst 3 m lång, 6. Inmatningsträtt. (Källa: JTI)

Trycket måste vara tillräckligt stort i munstycket för att syran skall fördela sig väl i spannmålen. Detta åstadkoms bäst med en elmotor driven pump, men tillsättning genom självtryck förekommer. Syrans flöde kontrolleras och styrs med hjälp av en flödesmätare och en nålventil. En nivåvakt är i allmänhet kopplad till flödesmätaren så att en signal erhålls när syraflödet inte är det avsedda. För att syran skall hinna fördela sig jämnt mellan spannmålskärnorna under skruvtransporten rekommenderas en skruvlängd av minst 3 m.

I samband med syrabehandlingen måste spannmålens vattenhalt och skruvens kapacitet (vilken påverkas av vattenhalten) bestämmas med jämna mellanrum för att syradosen skall bli den avsedda i alla delar av det behandlade partiet.

För att få ett så jämnt spannmålsflöde som möjligt bör skruven vara försedd med en stor inmatningsträtt. För att underlätta förflyttningen brukar skruven placeras i en höj- och sänkbar transportställning försedd med hjul.

Det är viktigt att anläggningens mottagningskapacitet är anpassad så att buffertlagring av obehandlad spannmål undviks. Skruvens kapacitet bör därför väljas så att applikatorns kapacitet kan utnyttjas. Den bör dock inte ha en högre kapacitet än applikatorn. Orsaken är att det är svårt att reducera spannmålsflödet genom skruven på ett bra sätt. Om kapaciteten begränsas genom att skruvens inloppsöppning minskas ökar risken för ojämn inmatning och därmed ojämnt spannmålsflöde.

Valet av skruv försvåras av att dess kapacitet bestäms av en rad faktorer. Förutom av skruvens utformning (diameter, varvtal och fyllnadsgrad) bestäms kapaciteten också av faktorer som skruvens lutning, spannmålens vattenhalt, renhet och kärnans

ytbeskaffenhet. Fabrikanterna uppger oftast endast kapaciteten för torrt vete, vilket innebär en högre kapacitet än vad som erhålls med fuktig vara. När skruven införskaffas bör man därför förutom kapacitetsbehovet även uppge för vilka spannmålslag, vattenhalter och lutningar på skruven som detta skall gälla.

För att undvika driftsstörningar bör skruven utrustas med en större elmotor än normalt. Risken för att skruvens elmotor överbelastas vid höga vattenhalter hos spannmålen är annars stor. Dessutom är effektbehovet för att starta en skruv fylld med fuktig spannmål mycket stort.

Säkerhetssystem

Det enklaste säkerhetssystemet mot feldosering av syra består av en nivåvakt vilken är kopplad till flödesmätaren. När syraflödet avviker från inställt värde erhålls en varningssignal. Denna typ av säkerhetsanordning bör vara ett minikrav vid syrabehandling av spannmål.

Det kan dock vara svårt att alltid hinna slå av spannmålsskruven innan underdoserad eller obehandlad spannmål når spannmålslagret. Ett sätt att undvika denna risk samt väsentligt underlätta arbetet med övervakningen av syratillsättningen är att koppla elsystemet så att nivåvakten också stoppar transportskruv och syrapump. Denna förbättring av säkerheten kan endast göras med elmotordriven syrapump. Det är också angeläget att undvika onödigt syraspill. Det kan ske med hjälp av en nivåvakt monterad i skruvens inmatningstratt, som bryter strömmen till skruv och pump när spannmålsflödet upphör. Information om hur dessa kopplingar skall göras kan fås från leverantörerna av syraapplikatorer.

Det finns även reglerutrustning på marknaden där samtliga säkerhetsfunktioner ovan kan kombineras med kontinuerlig registrering av spannmålsflödet. Detta sker med hjälp av en genomströmningsvåg. Med denna utrustning anpassas syraflödet automatiskt efter spannmålsflödet, vilket möjliggör en betydligt större noggrannhet vid doseringen.

Det finns mer att läsa om metoden, bl.a. doseringsanvisningar i "Syrabehandla spannmål på rätt sätt!" Teknik för lantbruk nr 60 från JTI (N Jonsson).

Lufttät lagring

Vid lufttät lagring används i allmänhet inga tillsatser utan istället utnyttjas den fuktiga spannmålsens egen, inklusive vidhängande mikroorganismers, andningsaktivitet för att erhålla en lagringsstabil miljö. Vid denna andning förbrukas syret i hålrummen mellan kärnorna varvid koldioxid bildas. Hålrummet mellan hela kärnor utgör ca 40 % av den lagrade spannmålsens volym. När syrehalten är låg fortsätter koldioxidproduktionen

genom anaerob jäsning orsakad av jästsvampar om vattenhalten är över 16 % vattenhalt och/eller mjölksyrabakterier om vattenhalten är över 20 till 25 %.

En studie i pilotskala visade att metoden inte kan rekommenderas för åretruntlagring. Från och med april-maj är risken för mögelskador stor i och med att omgivningstemperaturen stiger. Vid denna studie uttogs spannmål en gång per vecka. Det konstaterades dock att den skadefria lagringstiden kunde förlängas med minst en månad om lagringssilon (styv konstruktion) var utrustad med tryckutjämningsäck (lunga). Detsamma gällde om silon istället tog in koldioxid eller kvävgas vid undertryck, åtminstone när spannmålets vattenhalt var lägre än 23 %. En förlängd skadefri lagringstid erhöles också med olika tillsatser som exempelvis propionsyra. Senare studier har visat att lagringsperioden också kan förlängas genom tillsats av en specifik jästsvamp (finns dock inte tillgänglig i handeln).

Den vanligaste typen av lagringsbehållare vid lufttät lagring är tornsilor. Dessa kan ha diffusionstäta väggar, uppbyggda av antingen emaljerade plåtar som nitats eller skruvats ihop (inklusive fogmassa), stålplåt som valsats samman eller av glasfiber- armerad plast, tillverkad i ett enda stycke. De förstnämnda silotyperna kan förekomma i volymer upp till 1 000 m³, medan glasfibersilornas volym begränsas till ca 100 m³. Dessa silotyper är av styv konstruktion och för att tryckskillnaden mellan silon och omgivningen vid temperaturvariationer inte skall bli för stora, är de utrustade med över- och undertrycksventiler. För att minska gasutbytet med omgivningen kan silon utrustas med en tryckutjämningsäck, vars volym bör motsvara 7-10 % av silons totala volym. I stället för lunga rekommenderar en tillverkare av glasfibersilor tillsättning av koldioxid efter avslutad inläggning, om spannmålets vattenhalt är låg.

Det förekommer också flexibla silor upp till 150 m³ volym med vilka tryckskillnader mot omgivningen undviks. Den består av en stor påse, tillverkad av hopsvetsad plast- eller gummiduk (PVC eller butylgummi) som är upphängd i ett fackverk av järn och rör eller i ett stålnät. När spannmålen tas ut ur silon faller duken ihop efterhand, vilket innebär att luft inte behöver sugas in utifrån för att ersätta den bortförda volymen.

Spannmålskärnans flödesegenskaper påverkas av dess vattenhalt, vilket begränsar lagringsvattenhalten i en silo med bottenuttagning till max 25-26 %.

Mer att läsa: "Lufttät lagring av fuktig foderspannmål" JTI-meddelande nr 439 (N Ekström).

Krossensilering av spannmål i slang

En metod som har fått viss uppmärksamhet de senaste åren är att lagra fuktigt foder i långa plastslangar. Metoden, som medger hög inläggningskapacitet, har lanserats som ekonomiskt fördelaktig lagringsmetod för foderspannmål. Denna teknik

introducerades först för ensilering av grönmassa i Tyskland i början av 1970-talet. Även om det under några år såldes en del maskiner i Nordeuropa, fick metoden aldrig något riktigt genomslag. I slutet av decenniet återupptogs konceptet i Nordamerika, där det fick betydligt större acceptans. Tekniken kom tillbaka till Sverige i slutet av 1990-talet, som ensileringsmetod för vall och majs. Därefter har den bland annat börjat användas även för att ensilera spannmål och andra fodermedel, till exempel biprodukter som drav och betmassa. Ensilering av mycket fuktig hel alternativt krossad spannmål i planlager eller plastsäckar är dock ingen ny metod i Norden. Metoden fick en utbredning i norra Finland under 1970-talet och i viss mån i norra Sverige under 1980-talet.

Den sannolikt vanligaste maskinkedjan vid inlagring av krossad spannmål i plastslang utgörs av en lastartraktor och en traktordriven skruvbaserad packare med en integrerad kross, bild 9.



Bild 9. Integrerad spannmålskross och packare. Fyllning av skruvpackare med integrerad krossenhet för spannmål och andra främateriäl. Maskinen är också utrustad med aggregat för tillsättning av konserveringsmedel. Foto: Nils Jonsson

Det finns krossar med kapaciteter från 15 till 60 ton/timme, varför inläggningstakten kan vara mycket hög. När spannmålen passerat krossen trycks och komprimeras materialet med hjälp av skruven in i en tunnel bakom maskinen. Plastslangen som är veckad runt tunneln dras av allteftersom packaren passivt rör sig framåt av trycket från fodret som successivt fyller slangen. Mätningar av volymvikten hos väl packad spannmålskross saknas men uppskattas till ca 550 kg ts/m³. Slangarna bör lagras på en hårdgjord yta belagd med asfalt eller betong, vilka är lätta att rengöra, mindre trivsamma för gnagare och minskar risken för skadlig jordinblandning. Ytan bör luta för att avleda

yttvatten som annars kan tränga in i spannmålen vid skador på plasten eller när slangen öppnats.

Den hygieniska kvaliteten hos den krossade spannmålen vid uttagningen påverkas av flera faktorer som exempelvis slangens täthet och frihet från skador, spannmålets vattenhalt och därmed möjligheterna till en ensileringsprocess, spannmålets temperatur under lagringen, om tillsatsmedel som propionsyra eller mjölksyrabakterier har använts samt spannmålets uttagningstakt. Spannmålets vattenhalt påverkar också hur kompakt materialet blir och därmed förmågan att motverka luftinträngning när slangen öppnats. De äldsta rekommendationerna anger att spannmålen bör skördas vid begynnande gulmognad vid ca 40 % vattenhalt för att erhålla en fullgod ensilering, medan senare rekommendationer accepterar vattenhalter ned till 30 %. Ett problem med ensileringsmetoden är dock att under gynnsamma år med bra väder i Syd- och Mellansverige kan vattenhalten sjunka med mer än 5 % per dygn när gulmognad uppnåtts. Tillsats av vatten rekommenderas men enligt praktiska erfarenheter är det svårt att uppfukta mer än 5 procentenheter. Därför lagras sannolikt en stor andel slanglagrad krossad spannmål vid betydligt lägre vattenhalter. JTI:s erfarenheter av att lufttät lagrad fuktig spannmål i allmänhet behåller sin hygieniska kvalitet vid låga lagringstemperaturer under den kalla årstiden fram till april är sannolikt tillämpbar även vid slanglagring av spannmål om inte slangen är skadad. Krosspackaren kan förse med aggregat för tillsättning av propionsyra eller mjölksyrabakterier för att förbättra spannmålets lagringsstabilitet. Troligtvis gör propionsyra främst nytta för lagringsstabiliteten när spannmålets vattenhalt är under 25 % och att en tillsats av mjölksyrabakterier endast är motiverad när vattenhalten är över denna nivå. Sannolikt minskar en syratillsats förlusterna av torrs substans vid högre vattenhalter, men redovisade data om detta saknas i litteraturen. De rekommenderade syradoserna är dock låga och skulle vid luftinträngning eventuellt kunna selektera fram och gynna tillväxten av syratåliga mykotoxinbildande svampar. Valet av diameter på slangen (2,0 – 3,6 m (6,5-12 fot)) styrs av mängden foder som bör tas ut per dygn för att undvika förskämning hos det luftexponerade fodret närmast uttagsöppningen, bild 10.

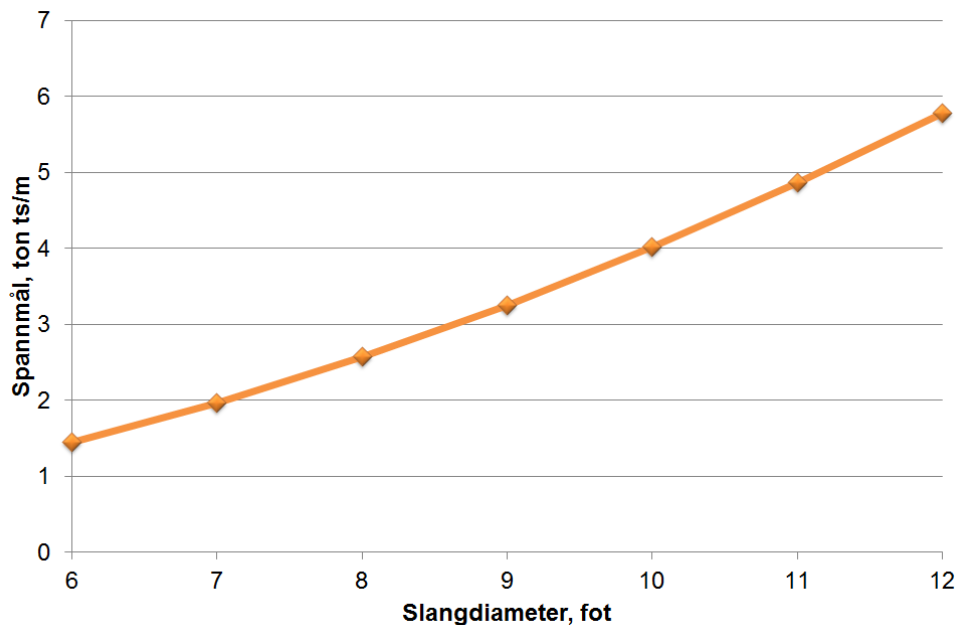


Bild 10. Ungefärlig lagringskapacitet per meter fylld slang för krossensilerad spannmål. Värdena i diagrammet baseras på ett antagande om att volymvikten i spannmålskross är 550 kg TS/m^3 . Slangdiameteren anges i fot, 1 fot = 0,3 m. (Källa: JTI)

Rekommendationer om hur mycket som måste tas ut per dygn för att undvika en förskämning varierar beroende på vilken aerob lagringsstabilitet fodret bedöms ha. Sannolikt bör uttagstakten inte underskrida 25 cm per dygn under den varma årstiden. Fåglar är vanliga skadegörare genom att de hackar hål i plasten. För att skydda slangarna effektivt mot denna typ av skador bör de täckas med nät med en distans från plasten exempelvis med hjälp av gamla bildäck. Uppkommer det skador bör dessa lagas så fort som möjligt med hjälp av en speciell lagningsstejp. Helst bör området också vara inhägnat för att hålla borta vildsvin, rådjur etc.

Uttagningen av det lagrade fodret brukar anges som ett av de svåraste momenten vid lagring i plastslang. Den sannolikt vanligaste uttagningsmetoden vid utfodring av spannmålen är med hjälp av traktor och skopa. Uttagningen underlättas betydligt om underlaget är plant och hårdgjort och att skopan är något smalare (ca 20 cm) än slangens bredd. Vid uttagningen ska man se till att det finns plast kvar på sidorna så att spannmålen hålls kvar inuti slangen. För att underlätta uttag bör plasten lämpligen skäras på ett sätt som illustreras i bild 11. För att undvika att plasten följer med skopan bör tillräckligt med bottenplast lämnas kvar så att den kan fixeras med hjälp av traktorns eller lastarens hjul. Kvarlämnat spill bör undvikas för att minska risken för att olika skadedjur skall lockas till lagringsplatsen. Vattenhalten påverkar hanteringsegenskaperna vid uttagning och utfodring. Vid vattenhalter över 25 % får det krossade materialet en konsistens som gör att det håller ihop och är lätt att ta ut. Samtidigt

försämrats hanteringsegenskaperna i transportörer etc., varför spannmålen hanteras bäst i utfodringsystemet för grovfoder.

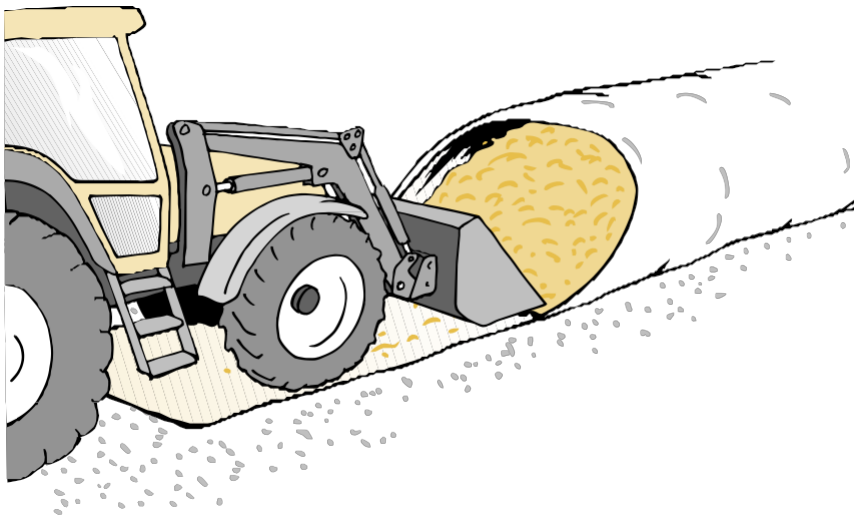


Bild 11. Det vanligaste sättet att ta ut foder ur en slang är med hjälp av skopa (ur JTI informerar nr 116).

Andra uttagsalternativ kan vara aktuella om man hanterar stora volymer. Dels finns det uttagare avsedda för skruvbara material och dels där uttagningen sker med ett fräsaggregat främst avsedd för grovfoder.

De beräkningar som gjordes av kostnaden för krossensilering av spannmål visade att metoden är mest konkurrenskraftig i områden med höga skördevattnenhalter men att kostnaden nästan är densamma som för varmluftstorkning i södra och mellersta Sverige när kostnaden för hårdgjord lagringsyta tas med.

Om man vill fördjupa sig i ämnet kan man läsa "Krossensilering av spannmål i slang" JTI-rapport nr 426. Den redovisar bl.a. resultat från en tvåårig gårdsstudie.

Ammoniakbehandling genom tillsättning av urea

Konserveringsmetoden ammoniakbehandling bygger på att man skapar en basisk miljö som hämmar angrepp av mikroorganismer, t ex mögelbildning, i fuktig spannmål. Rent praktiskt går det till så att man tillsätter urea och enzympreparat i den fuktiga spannmålen. Då startar en långsam kemisk process som bland annat ger slutprodukten ammoniak. pH-värdet höjs av ammoniak och mängden bildad ammoniak tillsammans med den basiska miljön är avgörande för den konserverande effekten. Enzymet ureas förekommer naturligt, men enzymet finns även att köpa som tillsatsmedel på marknaden. Urea används bland annat som kvävegödselmedel.

Dosering och jämn inblandning är viktiga. För hög dosering kan ge skador hos nötkreaturen och för lite ger otillräcklig konserverande effekt. Även vattenhalten i spannmålen är avgörande. Det skall alltså vara fuktig spannmål för att den kemiska reaktionen skall äga rum. Men om vattenhalten överstiger 20 % visar erfarenheter att den stabila lagringstiden blir begränsad till några få månader. Om man genomför konserveringen enligt rekommendationerna kan lagringstabla förhållanden erhållas över vintermånaderna. Man kan även få vissa positiva effekter på näringsvärdet hos det behandlade foderpartiet samt en mer basisk miljö i vommen, vilket kan vara positivt för idisslare.

Metoden anses som säker ur arbetsmiljösynpunkt. Men innan man beslutar att tillämpa denna behandling och konserveringsform bör man definitivt sätta sig väl in i styrkor och svagheter med metoden. Det bör tilläggas att det ännu saknas studier av hur denna konserveringsmetod påverkar den mikrobiella floran och därmed dess tillförlitlighet och effektivitet.

Lagringsutrymmen för spannmål

Syftet med spannmålslagret är att det skall skydda spannmålen från fuktinträngning, fåglar, skadedjur och insekter. Den skall också vara lätt att rengöra och i övrigt vara invändningsfri ur hygienisk synpunkt. Behovet av lagringsutrymme vid gårdstillverkning av kraftfoder bestäms av hur stor andel av foderråvarorna som produceras på gården alternativt köps in. I tabell 5 redovisas exempel på medelvärden för volymvikten för våra vanligaste sädeslag. Volymvikten kan variera betydligt beroende på odlingsförutsättningarna, åtminstone ± 5 procent. Dessutom påverkas den bl.a. av vattenhalten, vilket framgår av tabellen.

Tabell 5. Medelvärden för volymvikten för olika sädeslag vid 15 % vattenhalt samt hur de förändras med vattenhalten. (Källa: JTI)

Sädeslag	Volymvikter kg/m ³	Minskad volymvikt kg per procentenhet ökad vattenhalt ²⁾
Vete	800 ¹⁾	10
Råg	750 ¹⁾	10
Korn	680 ¹⁾	5
Havre	560 ¹⁾	5
Ärter	800	
Åkerböna	800	

1) Medelvärden för åren 1985 till 1990 enligt SCB. 2) Bengtsson (1973)

Lagringsilor för torkad spannmål

Lagringsilor/-fickor för spannmål tillverkas av stålplåt eller av trä. Vanligast är plåtfickor, vilka byggs upp av standardiserade sektioner som bultas ihop. För att kunna öka längden på sektionerna förses fickorna med dragstag. Väggarnas insidor liksom dragstagen bör vara konstruerade så att fickorna blir självrensande. Fickornas höjd brukar inte överstiga 8 m. De kan ställas direkt på betonggolvet, s.k. stumfickor, eller göras självtömmande genom att ställas på ben och förses med kona i botten. Konans lutning bör inte vara mindre än 45° för hel spannmål. Både stumfickor och självtömmande fickor kan förses med luftning som möjliggör kylning av spannmålen under lagringen. Stumfickorna kan förses med golvsveperplåt eller luftningsbalkar med gälar, dels för att kunna lufta spannmålen och dels för att fickan skall bli självtömmande.

Runda oisolerade stålplåtsilor för utomhuslagring blir allt vanligare på grund av att bruksenheter blir större och att större fickor och silor ger en lägre lagringskostnad. Nackdelen är att möjligheten till särskilt av olika kvaliteter minskar. Spannmålen blir också mer exponerad för vädrets variationer, vilket brukar leda till att spannmålen återfuktas något mer än i inomhusfickor. Dessutom är det viktigt att inspektera den lagrade spannmålen i silotoppen för att upptäcka, åtgärda och förhindra eventuella skador orsakade av inträngande regnvatten och snö. Stålsilor för gårdsbruk förekommer i volymer från ca 80 m³ upp till 2000 m³. Dessa kan utrustas med system för luftning samt för uttagning med hjälp av golvsveperskruv. Det är viktigt att följa tillverkarens anvisningar för fyllningen, maximala lagringshöjder och uttagning av spannmålen så att inte silon överbelastas. Lagringsskador kan också orsakas av fuktvandring om den lagrade spannmålen temperatur avviker för mycket från omgivningstemperaturen, bild 12.

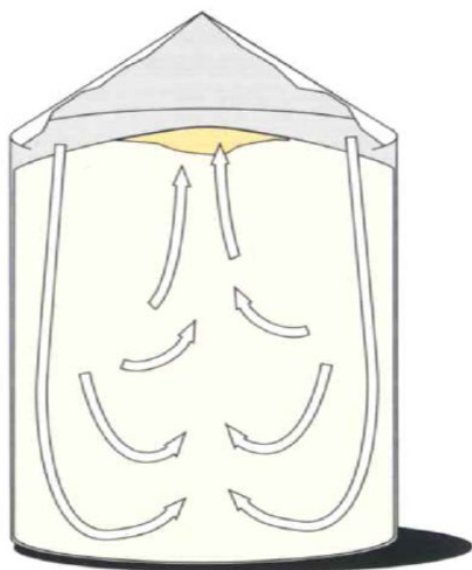


Bild 12. Fuktvandring i lagrad spannmål på grund av att temperaturen hos spannmålen är högre än hos den omgivande luften. (Källa: JTI)

Detta kan i sin tur leda till accelererande skadliga processer i silotoppen med temperaturökningar, att spannmålen gror och att mögelgifter bildas, bild 13. Denna process blir mer uttalad med ökad silostorlek.



Bild 13. En s.k. "hot spot" som upptäcktes i februari månad i dåligt kylt vete som hade lagrats med 16 % vattenhalt i en silotork. Foto: Nils Jonsson.

Planlager

De lägsta kostnaderna för lagringen erhålls om befintliga byggnader kan användas. Torr spannmål kan lagras på planbotten av betong. Om det är ett befintligt golv är det viktigt att ta kontakt med en byggnadsexpert för att ta reda på om underlaget är tillräckligt dränerat för att undvika risken för återfuktning av spannmålen närmast betongen. Vid nyanläggning är det viktigt att se till att underlaget till betonggolvet är väl dränerat och försett med ett kapillärbrytande skikt. En enkel metod att kontrollera om det förekommer en uppenbar fukttransport genom ett betonggolv är att tejpa fast en kvadratmeter genomskinlig plast på olika delar av golvet och se om det fälls ut fukt på insidan av plasten inom ett par veckor.

Lagringshöjden begränsas av husets höjd och av väggarnas förmåga att ta upp sidokrafter. I befintliga hus kan väggarna utföras av lösvirke eller av betongelement eller plåt som tillåter 1-4 m lagringshöjd. Vid tillfällig lagring i maskinhallar etc. måste man tänka på att inte belasta väggarna då de inte är konstruerade för att tåla last inifrån. Inläggning och uttagning kan göras med vanliga transportörer, lastare och/eller traktorskopa. I de senare fallen är det viktigt att däckerna är rena och att det inte förekommer oljeläckage, vilket även gäller vid hanteringen av spannmålen i planbottentorkar. Helst bör lastartraktorn använda biologiskt nedbrytbar hydraulolja. Det är också viktigt att se till att byggnaden är tillräckligt tät för att hålla ute fåglar,

gnagare och andra skadedjur, vilka annars kan kontaminera spannmålen med patogener.

Lagringsutrymmen för syrabehandlad spannmål

Vid val av lagertyp måste man beakta att fuktig spannmål har sämre flödesegenskaper. Erfarenheter från silolagring av fuktig spannmål visar att risken för problem i samband med uttagning ökar markant vid vattenhalter över 25-30 procent.

När det gäller nybehandlad spannmål måste man ta hänsyn till propionsyrans korroderande inverkan vid val av material hos lagringsutrymmet samt behov av skyddsbehandling. Syran är frätande på vissa metaller, som t.ex. järn och zink men även på vissa plastprodukter som nylon. Betong och andra alkaliska cementprodukter angrips också, samtidigt som dessa neutraliserar syran som därmed tappar sin konserverande effekt. Propionsyra är dock i kemiskt hänseende en svag syra, varför frätningen försiggår förhållandevis långsamt. Risken för korrosion reduceras betydligt efter att spannmålskärnan har absorberat syran.

Golv och väggar av betong, som den lagrade spannmålen kommer i kontakt med kan antingen skyddas med hjälp av plastfolie (polyeten) eller genom målning med hårdlack av epoxiplast. Asfalt kan också vara ett lämpligt underlag och utgör också en effektiv fuktspärr. Utspild propionsyra bör sköljas bort med massor med vatten eller neutraliseras med exempelvis kalk.

Förslag om hur man kan utforma system för intransport och lagring av fuktig/syrabehandlad spannmål i både befintliga och nya byggnader finns redovisat i JTI-meddelande 359 "Syrabehandling av spannmål. Teknik vid syratillsättning och vidarehantering" (N Ekström).

Transportsystem för spannmål och kraftfoder

Transportsystemet i en spannmåls- och foderanläggning utgörs inte enbart av transportörer utan också av olika typer av fickor för inlastning. I anläggningar för varmluftstorkning förekommer också fickor för buffertlagring av våt spannmål innan torkning och för utlastning av färdigtorkad spannmål för att få ned tidsåtgången och därmed kostnaderna för hämtning med lastbil.

Inlastningsficka

Nedsänkt körbar inlastningsficka

Den snabbaste avlastningsmetoden vid inkörningen av spannmålen från fält är att tippa lasset i en körbar stationär inlastningsficka som rymmer hela lasset. Inlastningsfickan placeras så nära torken som möjligt oftast i en genomfart. Den är försedd med ett körbart självrensande galler. Om den placeras utomhus måste den täckas så att inte nederbörd eller ytvatten kan tränga in i gropen. Även intagsgropar placerade inomhus bör täckas när de inte används. Oftast används fabriksstillverkade fickor av plåt, vilka kringgjuts eller sätts i grus. Man kan skilja på två typer av nedsänkta fickor, djup eller grund inlastningsficka. Den grunda, vilken inte behöver vara mer än 1 m djup, är avsedd för skrapelevator med sidoskruvar. Den djupa självtömmande inlastningsfickan, vilken är lämpad för skopelevator, kan kräva djup på upp till 3,5 m. Dräneringen kan därmed bli ett problem och kräva en brunn med dräneringspump. Vägglutningen i fickan bör vara minst 45°. Prefabricerade inlastningsfickor i plåt finns i volymer upp till 27 m³.

Ej körbar inlastningsficka

En risk med körbar inlastningsficka är att läckande olja och däckbeläggningar kan hamna i spannmålen. Därför har intresset ökat för lösningar med icke körbar ofta upphöjd inlastningsficka, både stationär och icke stationär, vilket kräver att man backar traktorekipaget för att kunna tömma spannmålslasset. Det är viktigt att även denna typ av ficka är täckt när den inte används för att undvika inträngande fukt och begränsa tillträdet för skadedjur. Inlastningsfickan brukar vara ansluten till en skraptransportör eller till en transportskruv, varav det senare oftast är fallet i silotorkanläggningar. Oftast har den en begränsad volym, varför den takt med vilket lasset töms måste anpassas efter intransportörens kapacitet. Transportörens kapacitet bör vara hög så att avlastningen inte blir en arbetskrävande flaskhals.

Luftad buffertlagringsficka

Ur kvalitetssäkerhetssynpunkt är det bäst när torkens kapacitet matchar skörde-tröskans. För att jämna ut tillfälliga kapacitetsskillnader mellan skördetröskan och varmluftstorken kan dock den nyskördade fuktiga spannmålen behöva lagras i väntan på torkning. Lagringstiden får dock inte överskrida tiderna som redovisas i tabell 1, vilket förutsätter att spannmålen kan kylas genom luftning. Vid buffertlagring bör luftmängden vara minst 70 m³/ton och timme så att all spannmål kyls inom ett halvt dygn. Antalet buffertlagringssilor bör vara minst två, bild 14 a), som fylls och töms växelvis, så att det inte blir kvarstående fuktig spannmål längs väggarna som möglar, bild 14 b). En annan fördel med växelvis tömning av två silor är den omblandning som sker av spannmålen från olika lass, vilket leder till ett jämnare torkningsresultat när

skördevattenhalten varierar. Den skadefria lagringstiden är begränsad och varierar beroende på spannmålets vattenhalt och temperatur, varför det är svårt att ange en generell rekommendation om lämplig storlek på en buffertsilo.

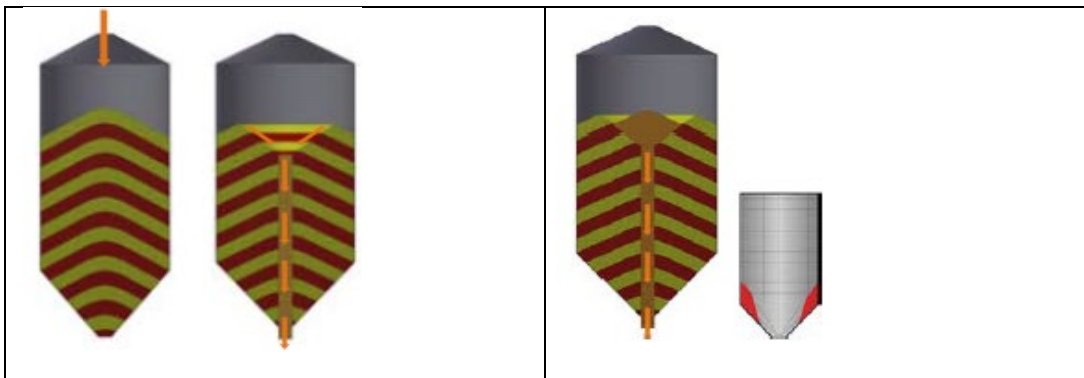


Bild 14 a) Antalet buffertlagringssilor bör vara minst två som fylls och töms växelvis, b) så att det inte blir kvarstående fuktig spannmål längs väggarna som möglar. (Källa: Tornum)

Transportörer

I konventionella anläggningar för varmluftstorkning utförs transporterna i höjdlid nästan alltid med elevatorer. Om elevatoren kan göras tillräckligt hög, vilket exempelvis är fallet vid utomhusanläggningar, kan den utgöra enda intransportören genom att spannmålen kan föras tillräckligt långt i sidled med hjälp av störtrör (max 45° mot vertikalplanet). I exempelvis kontinuerliga torkar och i cirkulationstorkar behöver man dock kunna genomföra fler vertikala transporter samtidigt, varför ytterligare en elevator behövs. Oftast är det också nödvändigt att bygga in horisontaltransportörer upptill och nertill. Den vanligaste typen av horisontaltransportörer är lagrade skruvtransportörer, s.k. U-skrivar, men också skraptransportörer och bandtransportörer förekommer. Bandtransportörer, vilket är en dyrare lösning, kan exempelvis vara motiverade i en anläggning som hanterar utsäde då denna typ av transportör normalt går ren, vilket inte är fallet med skruv- och skraptransportörer. Den övre horisontaltransportören görs ofta reversibel, så att den kan användas för transporter från elevatoren till både lagringssilor och utlastningsfickor. För påfyllning av silotorkar används oftast en lång mobil skruv med påfyllningstratt. Vid utlastningen används en U-skruv monterad under luftningsbotten, vilken för spannmålen från silons centrum ut till en utvändigt vertikalt monterad utlastningsskruv utrustad med störtrör för fyllning av vagn. För att minska det manuella arbetet vid tömning av den sista spannmålen används en golvsveperskruv. Fläkttransportörer (pneumatiska transportörer), vilka är energikrävande och dyra, är ovanliga i torkningsanläggningar.

Skopelevator

Skopelevatoren är konstruerad för enbart vertikal transport. Skoporna av plast eller plåt, vilka går i två vertikala plåtkanaler, är monterade på en ändlös rem eller kedja spänd mellan elevators övre och nedre drivrullar. Drivmotor och utlopp är placerade i elevatorhuvudet högst upp medan inloppen återfinns vid elevatorfoten. Höjden på elevatoren bestäms inte enbart av hur högt spannmålen måste lyftas för att kunna transporteras till olika fickor utan också av inbyggnadshöjder för aspiratorer, vågar etc. Inmatningsöppningen är placerad minst 0,5 m över elevators nedre del. Elevatorgruppen måste därför vara djupare än inlastningsfickan. Idag finns det dock böjda bottentransportörer, vilka kan mata en elevator vars nedre del är på samma nivå. Bäst kapacitet får elevatoren när den matas på lyftsidan. Av brandskyddsskäl måste elevatoren vara utrustad med låghastighetsvakt. Backspärr bör finnas för att elevatoren skall kunna startas belastad.

Skrapelevator

Hos en skrapelevator är gummiskrapor istället för skopor monterade på rullkedjan. Funktionen är i övrigt som hos en skopelevator. Spannmålen matas oftast in i elevatoren med hjälp av sidoskruvar, vilka drivs av axeln på elevators nedre drivrulle. Skruvinmatningen gör att inlastningsfickan kan göras betydligt grundare än när skopelevator används. En skrapelevator kan till skillnad från en skopelevator lutas upp till 45° utan att kapaciteten minskar. Det bör finnas skydd mot överfyllning.

Skruvtransportör

Skruvtransportörer med styv axel är lämpliga för hel spannmål, medan böjbara eller axellösa skruvar med liten diameter passar bättre för färdigfoder på grund av en lägre kapacitet. Styva skruvar med rörformigt ytterhölje kan användas för transport i alla riktningar. Lite mindre skruvar är oftast endast lagrade i drivänden. Vill man minska skrammel och slitage vid tomkörning bör man skaffa en skruv som är lagrad på flera ställen. Hos U-skruvar bärs hela axeln upp av lager. De kan endast användas för horisontell transport. Den axellösa skruven är något skonsammare mot fodret. Eftersom skruvspiralen är böjlig är den enkel att anpassa till en foderberedningsanläggning.

Skruvar drivs vanligtvis av en elmotor fast monterad i skruvens ena ände. Drivningen kan ske med kilremmar eller också är skruven direkt driven från motoraxeln, vilket är en billigare lösning. Traktordrivna samt hydrauldrivna skruvar förekommer också. Långa traktordrivna skruvar med hög kapacitet är den vanligaste typen av transportör som används vid fyllning av silotorkar.

Beträffande styva skruvar måste det finnas ett visst spel mellan ytterhölje och skruv för att förhindra sönderklämning av transportgodset, ett problem som framför allt uppmärksammas med trindsäd. Önskvärt spel ökas med ökad partikelstorlek hos

transportgodset och om en skonsam hantering eftersträvas. När det gäller exempelvis utsäde av spannmål bör avståndet mellan skruv och hölje vara minst 12 mm och antalet transporter bör vara så få som möjligt för att inte grobarheten skall reduceras. Dessutom har ett litet spel liten effekt på kapaciteten medan ett större spel minskar det specifika effektbehovet.

Förutom av spannmålets och kraftfodrets egenskaper påverkas skruvens kapacitet främst av dess diameter, stigning, varvtal, lutning och fyllnadsgrad. Vid ökad diameter hos skruven ökar dess kapacitet i motsvarande grad som skruvens volym. Detta innebär att en skruv med diametern 200 mm har nästan fyra gånger så hög kapacitet som en skruv med diametern 100 mm om övriga faktorer är desamma. Skruvspiralens stigning påverkar också kapaciteten och anses vara optimal när den är lika stor som skruvens diameter. Kapaciteten ökar också intill ett visst varvtal för att sedan avta på grund av avtagande tillrinning av transportgods. Maximal kapacitet för en 100 mm skruv uppnås vid 1000 varv per minut och för en 150 mm skruv vid 800 varv per minut. Av kostnadsskäl byggs dock 100 mm skruvar oftast för direkt drift med 1450 varv per minut. För krossad spannmål och kraftfoder är 300–400 varv per min ett lämpligare varvtal på grund av en sämre tillrinning samtidigt som transporten blir skonsammare. Skruvens lutning påverkar också kapaciteten och skall därför inte vara för stor. I tabell 6 visas effekten av spannmålets vattenhalt och skruvens lutning på skruvens kapacitet enligt en engelsk test. Vill man öka transportkapaciteten till en given höjd, kan man välja en längre skruv som därmed får en mindre lutning.

Tabell 6. Effekten av spannmålets vattenhalt och skruvens lutning på kapaciteten för en skruv med \varnothing 150 mm (efter McLean, 1989).

Spannmålets vattenhalt	Effekten av skruvens lutning på skruvens kapacitet, ton/timme		
	%	15°	30°
15	36	32	28
22	22	18	16

Skraptransportör

Skraptransportörer är normalt avsedda för horisontella transporter. Skraporna är av gummi och sitter på en rundgående kedja i en rektangulär plåträna. Spannmålen kan fyllas på och tömmas var som helst efter transportörens längd. Skraporna, vilka glider direkt mot rännans botten, föser spannmålen mot det öppna utloppet. Ett antal skrapor kan ersättas med gummiklossar som fyller ut hela rännans bredd, varvid transportören går praktiskt taget ren. Dock inte tillräckligt ren för utsädesodling. För att göra tömning fullständig kan utloppen förses med borstar.

Utlastningsficka

För snabbast möjlig utlastning har man stor användning för utlastningsfickor. Fickorna fabrikstillverkas av stålplåt i storlekar upp till 80 m³. Stödbenen bör vara så höga att en lastbil kan passera under fickan. För att passa alla typer av lastbilar bör den fria höjden under fickan vara 4,5 m.

Rensning

Spannmåls slutliga kvalitet och hanterbarhet påverkas redan under skördarbetet. Agnar, boss och damm skall frånskiljas så tidigt som möjligt, helst vid skörd. Onödigt skräp sätter ner transportkapaciteten och tar plats i tork och lager och kan ge flödesproblem hos den färdiga foderblandningen. Problem med hygienisk kvalitet börjar ofta i ansamlingar av främmande material. Grunden för all spannmålshantering är därför en rätt inställd tröska och en bra aspiratör eller damm- och bossavskiljare i torkanläggningen. Grus, stenar och metallbitar skall också undvikas i spannmålen för att förhindra slitage och skador på foderberedningsutrustningen.

Aspiratör och damm- och bossavskiljare monteras i elevatortoppen. Därför är det viktigt att ta hänsyn till inbyggnadshöjden för dessa vid val av höjd på elevator och byggnad. Dessa utrustningar är grovrensar som med hjälp av ett luftflöde för bort material som är lättare än spannmålskärnan. Halmbitar avskiljs i allmänhet inte. Rensförmågan bestäms av renssträckan, vilket är den sträcka där kärnan påverkas av luftflödet. Renssträckan är i allmänhet längre hos en aspiratör än hos den enklare damm- och bossavskiljaren. Rensningen fungerar bättre med torkad spannmål jämfört med fuktig. Det är lätt att överbelasta denna typ av rensanordning, varvid rensförmågan snabbt avtar. Därför är det viktigt att välja en utrustning som är anpassad till transportörernas kapacitet. Förekommer det mycket och lätta föroreningar hos den torkade spannmålen kan rensförmågan ökas betydligt genom att strypa spannmålsflödet genom aspiratören (opublicerade resultat, JTI). Avrenset bör avskiljas via en cyklon i ett från spannmålslaget avskilt utrymme för att minska risken att den torkade och lagrade spannmålen återkontamineras med mögelsporer etc. När det gäller rensning med rensmaskiner finns mer att läsa i "Spannmålsrensning på gårdsnivå", Teknik för lantbruket 67 från JTI.

Fodertillverkning på gården

Ungefär hälften av alla anläggningar utgörs idag av lösdriftsstallar, vilket är det system som gäller vid nybyggnation. En nybyggnation innebär nästan alltid att besättningsstorleken ökas. År 2017 uppgick antalet mjölkproducenter till ca 3600 med en genomsnittlig besättningsstorlek på knappt 90 mjölkkor, vilket innebär en rejäl ökning jämfört med genomsnittsvärdet för tio år sedan på drygt 50 mjölkkor. Antalet företag med mer än 200 mjölkkor har nästan tredubblats under den senaste tioårsperioden och uppgår till ca 300 idag. Fodereffektiviteten, vilken kan uttryckas som kg mjölk per kg foder, är en av de viktigaste faktorerna för produktiviteten och därmed lönsamheten i produktionen. Förutsättningarna för en god fodereffektivitet är en balanserad foderstat anpassad efter besättningens produktionsförmåga, där kraven på näringsinnehåll, struktur och hygienisk kvalitet uppfylls. Detta förutsätter i sin tur att valen av foderråvaror, konserveringsmetoder och system för foderberedning och utfodring är anpassade så att kravet på foderstyrning uppfylls samt att risken för separation och spill minimeras.

Utfodringssystem

I Sverige har mjölkkor traditionellt utfodrats individuellt i uppbundna stallar där de olika fodermedlen kraftfoder och grovfoder tilldelas separat. I takt med de växande besättningsstorlekarna och övergången till lösdriftsstallar har fullfoder och blandfoder blivit ett allt vanligare utfodringssystem. I stora drag innebär fullfoder att allt kraftfodret och grovfodret blandas samman till en homogen blandning som ges i fri tillgång på foderbordet, medan i det oftast dyrare blandfodersystemet en del av kraftfodret ges separat i kraftfoderstationer för att få till en bättre foderstyrning. Även när enbart en lockgiva kraftfoder utfodras i samband med robotmjölkning brukar man tala om fullfodersystem. Det är viktigt att fodermixen är homogen. Ett problem som annars kan uppstå är att korna börja sortera ut de smakligaste delarna av fodret. Detta leder till att vissa kor får ett för koncentrerat foder medan andra får ett näringsfattigt och mer fiberrikt foder. Över- respektive underutfodring kan leda till hälsoproblem och för feta kor respektive sämre avkastning.

Den teknik som används för att tilldela fodergivan kan indelas i mobila system med olika typer av vagnar inklusive robotar samt fasta transportörer som för ut fodret till foderbord eller kraftfoderstationer. Mobila system kan antingen vara hjul- eller rälsbaserade samt manuella till fullständigt datorstyrda automatiserade system. Vagnarna kan vara utrustade med flera fack för olika foder alternativt enbart för en fullfoderblandning av kraftfoder och grovfoder med utrustning för sönderdelning av balar och omblandning. Utportioneringen kan antingen vara baserad på vikt eller

volym. Kraftfoderkomponenternas fysikaliska egenskaper, som exempelvis partikelstorlek, form och hur lätt de rinner, påverkar valet av utfodringssystem och vise versa. Exempelvis möjliggör mobila transportsystem att kraftfoderblandningar med stora skillnader i partikelstorlek och därmed stor risk för separation, alternativt fuktiga foder med dåliga flödesegenskaper, utan problem kan utfodras separat eller tillsammans med grovfoder. System baserade på fasta transportörer utgörs i regel av en central enhet som tar emot fodret från en lagringsilo eller blandare. Den brukar oftast vara försedd med våg för vägning av den totala utmatade mängden medan doseringen vid kraftfoderstationen kan vara antingen vikt- eller volymbaserad. Transporten av kraftfodret ut till foderstationen kan ske med böjlig skruv, kedja eller medbringarförsedd vajer. Valet av transportör påverkas av fodrets struktur och vattenhalt. Foderstationer finns även utrustade för utfodring av flera olika foder parallellt. För att ha kontroll på djuren på individnivå används transpondersystem.

Förutsättningar för en effektiv kraftfoderstyrning

För att foderstyrning skall ge ett gott resultat vid tilldelning i kraftfoderstationer måste i princip tre förutsättningar uppfyllas, nämligen ett foder med känd och jämn sammansättning beträffande näringsinnehåll, struktur och volymvikt (vid volymbaserad utfodring), en utrustning med god noggrannhet vad gäller portionering, samt möjlighet att fördela givorna rätt i tiden.

Kraftfodrets sammansättning

Grunden för all foderstyrning är att näringsinnehållet är känt, vilket förutsätter analyser av både näringsinnehåll och vattenhalt. Analyser bör göras förhållandevis ofta då näringsinnehållet hos spannmålen etc. kan variera både inom och mellan fält. Inom kort kommer det sannolikt finnas tillförlitliga handhållna analysutrustningar för gårdsbruk på marknaden, vilka möjliggör frekventa analyser av både spannmål och grovfoder. Nyligen lanserades en handhållen NIR-utrustning (GrainSense) för spannmål med vilken man kan analysera halterna av vatten, protein, kolhydrater och fett. Kalibreringar håller även på att tas fram för oljevaxter. Kostnaden för utrustningen uppgår till ca 40 000 SEK.

En annan faktor som kan försvåra foderstyrningen är att fodrets komponenter separerar. Ett foder består av partiklar med olika storlek, form, densitet och ytbeskaffenhet. Vid rörelse uppför sig därför partiklarna olika, man får en så kallad fysikalisk separation som ökar med ökade skillnader i partikelstorlek. Detta leder till att strukturen och volymvikt kommer att variera i fodret och kan även leda till att näringsinnehållet kommer att variera. Beroende på separationens omfattning kan detta påverka djurens produktion.

I många fall lagras det färdigblandade fodret i en silo, varifrån fodret transporteras till utfodringsstället eller utfodringsvagn. Graden av separationen påverkas av fodrets struktur, fyllningsätt av silor, transportörtyper, körsätt och utloppens utformning vid foderautomaterna. Minst risk för näringsmässig separation har man med malt foder och mest om olika foderslag med olika näringsinnehåll och partikelstorlekar blandas. Störst risk för separation föreligger vid fyllning av en silo som saknar utrustning som motverkar separation. Enligt en studie vid JTI av tömningsförloppet hos silor varierade exempelvis volymvikten hos en blandning av krossad spannmål och pelleterat koncentrat från +18 % vid inledningen av tömningen till -28 % mot slutet av tömningen jämfört med den genomsnittliga volymvikten när separationshämmare saknades (Larsson, 1975). Även mängden utfodrat protein varierade, vid volymportionering från ca 25% över genomsnittet till ca 40% under genomsnittet medan motsvarande värden vid viktportionering var 10% respektive 20%. När silon däremot var utrustad med separationshämmare svängde volymvikten och mängden utfodrat protein endast med några procentenheter runt medelvikten och avvek först mot slutet av tömningen med som mest -8 %.

Vid förflyttning av foder med hjälp av transports kruvar eller kedjetransportörer ökar risken för separation om fodret sönderdelas under transporten. Kraftigast bearbetning sker vid inloppet, i vinkelväxlar och om transportören lutar mycket. Minst påverkat är redan malt foder medan krossat eller pelleterat är i riskzonen. Störst problem orsakar kedjetransportörer i kombination med volymportionerare. Raka och korta transportsträckor bör eftersträvas. Transportörerna bör inte ha högre varvtal eller kedjehastighet än vad som krävs ur kapacitetssynpunkt. Även om fodret är pelleterat och näringsmässigt homogent och utfodringen är viktbaserad kan det föreligga en risk för att kor ratar delar av fodret på grund av att det är för finfördelat. För att begränsa sönderdelningen bör transportörerna dimensioneras anpassas efter partikelstorleken, vilket innebär att större partiklar (>5 mm) kräver grövre transportörer (60-100 mm) (Larsson, 1978).

Portioneringsnoggrannhet

Djurens behov av kraftfoder varierar med bland annat ålder, produktion samt mängd och kvalitet hos övriga foderslag. Kornas näringsbehov i olika laktationsstadier tillgodoses genom att lämpliga mängder grovfoder och kraftfoder konsumeras. Allt efter grovfodrets mängd och kvalitet kompletteras det med kraftfoder för att täcka näringsbehovet. Under vissa fysiologiska perioder hos korna behövs inga kompletteringar, medan behovet direkt efter kalvningen ofta är större än förmågan att konsumera. Ett ökat intag kan då erhållas genom fri tillgång på foderblandningar eller genom att utfodra med små portioner och ofta. I det senare fallet kommer

kraftfodergivorna att variera, vilket ställer stora krav på portioneringsnoggrannheten hos utrustningen. Detta gäller framförallt då givan delas upp på många utfodringstillfällen.

En vanligt förekommande uppfattning är att mjölkkor mår bra och producerar bättre om de får lika foder dag till dag. Eller om inte exakt lika, så i varje fall låg variation i fodrets mängd och sammansättning över korta tidsperioder. Det hela ter sig rimligt, men endast lite forskning är gjort som belyser denna uppfattning.

Enligt en konferensrapport från 2012 som refererade fältstudier om fodervariationer i mjölkbesättningar i USA var den *lägsta* variation man fann hos någon besättning, mätt som intervallet mellan högsta och lägsta värde hos respektive besättning, så låg som 4 procentenheter och det gällde för ett majsensilage och dess halt av; torrsubstans (ts), NDF och stärkelse, vid dagliga mätningar över en 14-dagarsperiod. Men, i samma studie var det högsta variationsintervallet för samma parametrar; ts, NDF och stärkelse, hela 12 %, 17 % och 27 %. Mellan dessa ytterligheter fanns de övriga mjölkgårdarna. När månatliga observationer gjordes över en 12-månaders period blev variationsintervallet likartat, alltså inte nämnvärt större för att det var en längre period. Man pekade i rapporten på att när det gäller fullfoderblandningar (TMR) kan variationen i de ingående råvarorna variera och slumpmässigt dra åt olika håll så att variationen i TMR dämpas.

I en omfattande studie i USA (Weiss et al., 2013) utvärderade man även hur variationen i foder (TMR till högmjölkgargrupp i 50 besättningar, provtagning månadsvis) påverkade korna och deras produktion. Variationskoefficienten var i genomsnitt lägre än det man tidigare sett i studier med enskilda fodermedel. I medeltal var variationskoefficienten från 4,5 % till 6,4 % för de olika näringsparametrarna. Men gårdarna med störst variation hade omfattande avvikelser, hög variationskoefficient. Många olika orsaker låg bakom avvikelserna, bland annat brist på arbetsrutiner (så kallade SOP). Man kan anta att mjölkproducenter i USA med sin långa erfarenhet av TMR generellt sett har minst lika bra, eller dålig, kontroll på foder som mjölkproducenter i andra länder. Det är självklart så att utfodringen, t ex en TMR, är vad som erbjuds djuren och inte alltid samma som vad de äter. Om korna väljer och kan selektera och sortera vid ätandet kan intaget självklart bli ett annat på individnivå.

Hur påverkades då djuren av en ganska betydande variation i fodrets sammansättning? Övergripande var slutsatsen (Weiss et al., 2013) att påverkan på såväl mjölkproduktion som mjölkens sammansättning var liten eller obefintlig. Detta gällde studier när fullfoderblandningar, TMR, studerades med avseende på variation dag till dag. Förklaringen man angav var dels att korna med sitt ätande delvis kompenserar avvikelserna från en dag till en annan, dels att innehållet i mag- och tarmkanalen är stort och buffrar kortsiktig variation i foder. Man bedömde det som rimligt att anta att

en lika stor avvikelse fast istället över 3-dagarsperioder däremot skulle ge negativa genomslag i djurens produktion. Genom att varje dag erbjuda högproducerande kor rikligt med foder så är chansen god att korna till stor del kan kompensera brister i intag av näringsämnen, energikoncentration eller ts-halt en dag genom att äta desto mer nästa dag.

Ref. W.P.Weiss, P. Yoder, L.R.McBeth, D.E.Shoemaker, and N.R.St-Pierre, 2013. Effects of variation in nutrient composition of diets on lactating dairy cows. Pages 141-152 in Proc. Tri-State Dairy Nutr. Conf. USA.

Beredning av kraftfoder samt av fodermix

Utformningen av en anläggning för hemmaberedning av kraftfoder påverkas av faktorer som besättningsstorlek, stall- och utfodringsystem, årskostnad, utrustningens energieffektivitet samt brukarens intresse och tillgång till arbetskraft. Även foderråvarornas fysikaliska egenskaper som storlek och form men även kärnans vattenhalt påverkar valen.

De fodermedel som är aktuella vid gårdsberedning är de vanliga spannmålsslagen (korn, havre, vete och rågvete), trindsäd (ärter, åkerbönor och lupin) samt raps. Det krävs en sönderdelning för att sädeslagen skall kunna smältas av mjölkkor medan hela kärnor passerar osmälta. Det räcker dock med den sprickbildning hos kärnan som åstadkoms genom krossning för att uppnå maximalt foderutnyttjande. Trindsäd som ärter och åkerböna skall helst krossas alternativt grovmalas (6 mm såll) för att minska proteinets nedbrytningshastighet i vommen. Strukturen förbättras om sönderdelningen sker med fuktig spannmål/trindsäd (>15 % vattenhalt), vilket förutsätter kyllagring, syrabehandling eller lufttät lagring. Detta kan ge en ytterligare sänkning av nedbrytningshastigheten i vommen. I detta sammanhang bör dock tilläggas att krossning innan ensilering verkar öka nedbrytningshastigheten hos trindsäd. Om raps, som är småfröigt, skall ingå i foderblandningen måste den malas/krossas mycket finare än övriga foderråvaror för att undvika för stor andel hela frön. För att bättre ta till vara och fördela oljan i foderblandningen kan det vara lämpligt att mala rapsen tillsammans med en annan foderråvara.

Vid beredning av kraftfoder till nötkreatur sker sönderdelningen främst med hjälp av krossar men även med kvarnar. Till större besättningar kan också pelleteringsanläggningar vara ekonomiskt motiverade bland annat för att undvika problem med näringsmässig separation i mellanlager och under långa transporter till kraftfoderstationer. En väl rensad råvara är en förutsättning för ett störningsfritt flöde utan stoppar. Det är också viktigt att undvika att grus, stenar och metall blandas in i

råvarorna vid hanteringen från fält till foderberedning samt att de vid förekomst kan avlägsnas innan sönderdelningen för att undvika kraftigt slitage och skador på kvarnar etc.

Hammarkvarn

De vanligaste kvarntyperna är hammarkvarn, även benämnd slagkvarn, samt skivkvarn. Hammarkvarn är vanligast vid malning av hemmaberett foder på grisgården men används också på gårdar med nötkreatur. Hammarkvarnen sönderdelar materialet med hjälp av roterande slagor och ett såll, bild 15. Partiklarna trycks av kvarnen genom ett såll, vilket är utbytbar och finns med olika håldiameter. För att inte en för stor andel hela kärnor skall passera igenom bör sållstorleken för spannmål vara max 3-4 mm och för raps max 2 mm medan trindsäd bör grovmalas med 6 mm såll för bästa utnyttjande av proteinet. Denna variation i kärnstorlek gör att det är olämpligt att använda samma kvarn till de olika sädesslagen utan arbetskrävande sållbyte. Det finns också kvarnar som är utrustade med trådsåll, vilket ökar genomsläppligheten och därmed kvarnens kapacitet. De vanligaste modellerna av hammarkvarn har extra fläktvingar som gör att fläkten kan suga foder från fickor (max 30-50 m) samt blåsa det malda fodret till färdigfoderfickan (max 50-100 m). Det finns kvarnar utan fläkt, vilket ökar malningskapaciteten med 30-50 % om övriga förutsättningar är detsamma.

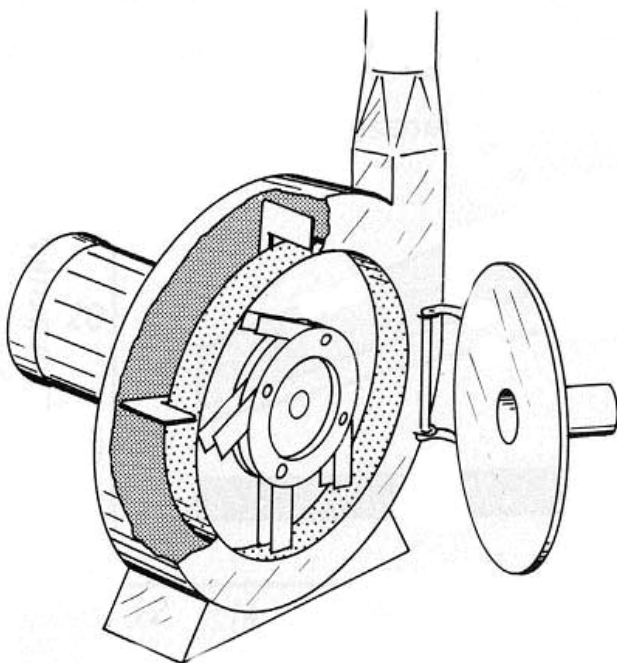


Bild 15. Centrummatad hammarkvarn med fläktvingar. (Källa: JTI)

Partikelfördelningen styrs av

- Sällstorlek
- Slagornas hastighet
- Råvarans fysikaliska egenskaper
- Råvarans vattenhalt
- Förslitning av såll och slagor

Energiförbrukningen är relativt hög (10 till 15 kWh/ton för torr vara utan fläkttransport, med fläkttransport upp till det dubbla) och ökar med stigande vattenhalt samtidigt som kapaciteten sjunker. Malningen leder till en temperaturhöjning hos mjölet, med ca 15 °C (torr spannmål) upp till 35°C (mkt fuktig spannmål) beroende på vattenhalt. Mjölet kyls dock något under fläktransporten till lagringsplatsen. Risken för kondensutfällning är dock stor vid de högre temperaturerna, varför ytterligare kylning kan behövas innan lagring. En nackdel med malning är den kraftiga damningen, speciellt när fodret är torrt. Även bullret är en belastning för arbetsmiljön och hammarkvarnen har samma bullernivå som för en kross men högre jämfört med skivkvarn. Möjligheter till inbyggnad och andra åtgärder för bullerskydd bör utnyttjas. Slitage på såll och slagor beror främst på hur mycket sand, jord, stenar och metall som kommer med det inmatade materialet. De största stenarna och metall kan dock separeras i en magnetfällaförsedd separator monterad vid kvarnens inlopp. Förekomst av främmande föremål kan leda till en ökad brandrisk.

Skivkvarn

Skivkvarnen, bild 16, river och trycker sönder materialet mellan räfflade stålskivor och ger en jämnare fördelning av partiklarnas storlek jämfört med hammarkvarnen. Graden av sönderdelning justerar man enkelt genom att ändra avståndet mellan skivorna, vilket i en automatiserad anläggning kan skötas med hjälp av en motor. Utrustningen kan därför lätt anpassas efter kärnstorlek och därmed efter sädesslag.

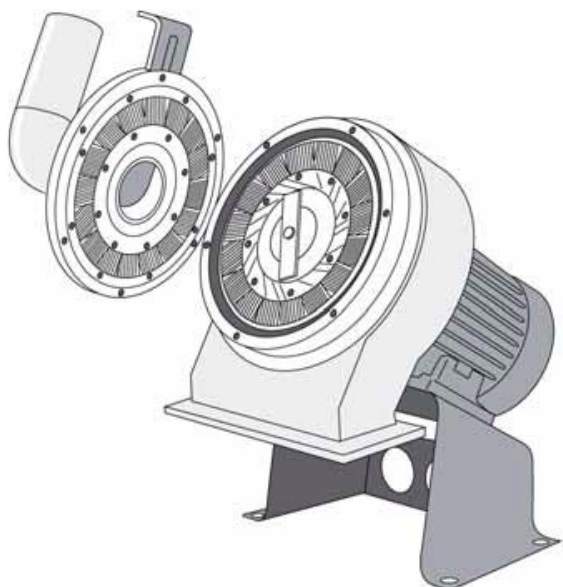


Bild 16. Skivkvärn. (Källa: Skiold)

Partikelfördelningen styrs av

- Trycket mellan skivorna
- Råvarornas fysikaliska egenskaper
- Råvarans vattenhalt
- Förslitning av skivorna

Skivkvärnen har oftast en något lägre energiförbrukning än hammarkvärnen, 8-12 kWh/ton, och inställningen ändras enkelt mellan råvaror, dvs. samma kvarn kan användas till råvaror med olika förmalningsegenskaper. Slitage på skivorna beror främst på hur mycket sand, jord, stenar och metall som kommer med det inmatade materialet. Enligt tillverkarna är underhållsbehovet lägre för en skivkvärn jämfört med en hammarkkvärn. Detta gäller framför allt fabrikat där skivorna är tillverkade av hårdmetall.

En skivkvärn måste utrustas med transportörer som för malgodset både till och från kvarnen. På inloppsröret monteras ofta en s.k. magnetfälla för att samla upp eventuella metallföremål i spannmålen. Det vanligaste är att mala ett foder i taget men det finns även exempel där spannmål och trindsäd mals tillsammans.

Krossning

Det finns krossar med två eller tre valsar, bild 17, med möjlighet att reglera avstånd och tryck mellan dessa. För att erhålla ett foder med så jämn struktur som möjligt med denna teknik är det en fördel om båda valsarna är drivande och dessutom räfflade. Till

småfröiga material som raps används mer finräfflade valsar. Det är svårt att uppnå önskad struktur vid krossning vid låga vattenhalter. Kärnorna sprängs sönder och krosset blir alltför finfördelat. Strukturen blir dock bra redan vid 16 % vattenhalt. För att undvika beläggningar på valsarna kan de vara utrustas med fjäderbelastade avskrapare och eventuellt borstar. Tre valsar medger krossning i två steg och möjliggör samkrossning av råvaror med olika kärnstorlek som exempelvis spannmål och ärter. Ett större avstånd mellan valsarna i första steget underlättar också matningen. Energiförbrukningen vid krossning är betydligt lägre än vid malning och uppgår till i storleksordning 3-9 kWh per ton spannmål oberoende av vattenhalt. Därmed blir temperaturstegringen hos materialet också betydligt lägre, 5-8°C, oberoende av vattenhalt. Även krossning orsakar oönskade bullernivåer samt damning, varför utrymmet för krossen bör byggas in.

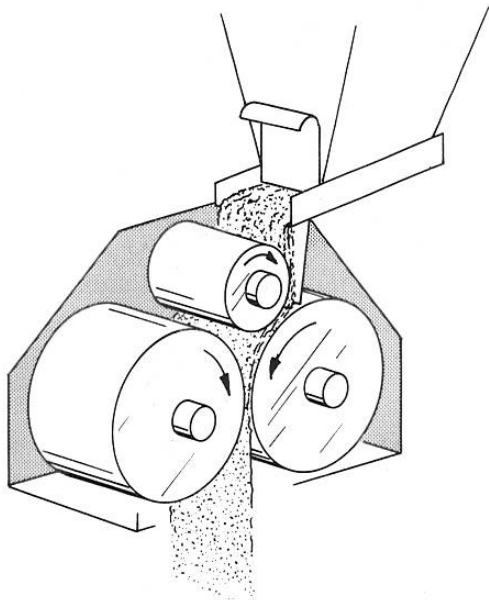


Bild 17. Kross med tre valsar för krossning i två steg. (Källa: JTI)

Det finns en nyare typ av kompakt kross med konformade valsar (Agricracker). Krosstypen anges ge mycket effektiv sönderdelning och en låg andel finfraktion. Vid risk för förekomst av främmande föremål som stenar och metall bör det finnas en så kallad stenficka som avlägsnar dessa innan krossen. Om valsarna inte är fjäderbelastade så finns annars risk för att maskinen skadas pga de hårda föremålen. Valsarna kan bli skeva och ger i så fall nedsatt funktion.

Blandning

Blandare för kraftfoder

Efter sönderdelningen kan man blanda de olika kraftfoderkomponenterna i önskade proportioner med varandra. Man brukar skilja mellan satsvis och kontinuerlig blandning samt volymdosering och viktdosering.

Satsblandare brukar indelas efter omblandarens orientering i vertikal-, diagonal- och horisontalblandare, bild 18. Blandarna förekommer i volymer från ett par till tiotals kubikmeter. Kravet på blandarens volym minskar om man blandar flera satser per omgång, varefter fodret lagras i en färdigfodersilo.

Vertikalblandare av typen friblandare är utrustade med en vertikal öppen skruv och finns i volymer från ca 2 till 20 m³. Den fungerar bra för alla foder upp till ca 17-20 % vattenhalt men sämre om fodret är fuktigare. Vertikalblandare finns även av typen tvångsblandare där skruvdelens är försedd med ett hölje. Påfyllningen kan till skillnad från i en friblandare fyllas på nedtill, varför inbyggnadshöjden blir lägre vid samma volym.

Diagonalblandare har en eller två lutande skruvar i botten (alternativt med kedja) och för att kunna anpassa blandarens effektivitet efter materialets egenskaper är lutningen ställbar. Denna typ av blandare fungerar bra om ingående komponenter har olika struktur och även till fuktigare foder (<25 % vattenhalt).

Horisontalblandare finns av två typer, dels med rörverk (virvelblandare), dels med roterande trumma. Båda blandar effektivt även fuktigt foder upp till ca 30 procent vattenhalt. Virvelblandare där blandaren utgörs av öppna spiraler har fördelen att den är lätt att rengöra eftersom den delvis är självrensande. Utöver de blandare som finns i bild 18 nedan, finns det även horisontella blandare med paddlar. Denna konstruktion anses blanda mycket effektivt.

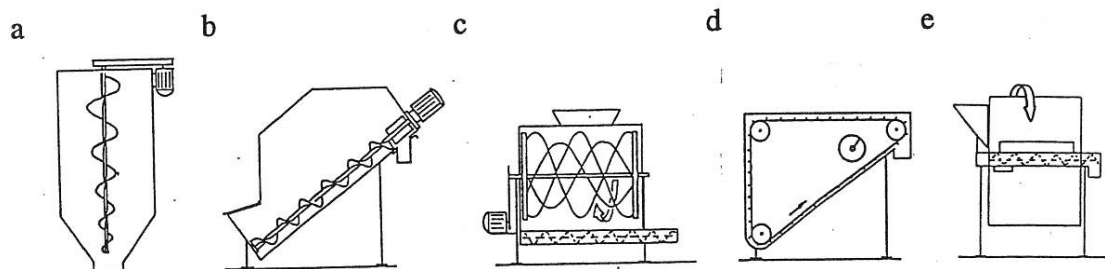


Bild 18. Olika typer av satsblandare: a) vertikalblandare (skruv), b) diagonalblandare (skruv), c) horisontalblandare (rörverk), d) diagonalblandare (kedja), e) horisontalblandare (roterande trumma). (Källa: JTI)

Kontinuerlig blandning åstadkoms genom att de ingående foderkomponenterna som skall sönderdelas kontinuerligt doseras i önskade proportioner enligt recept till kvarens tilloppsida alternativt om komponenten redan är sönderdelad direkt i flödet mellan kvarnen och färdigfodersilon.

Doseringen kan antingen ske efter vikt eller volym. System baserade på vikt är noggrannast men har oftast en högre investeringskostnad. Att volymsdosering är osäkrare beror på att volymvikten hos ingående komponenter kan variera. Exempel på faktorer som påverkar volymvikten är vattenhalten och variationer hos fodrets struktur.

Vid satsblandning tillämpas oftast viktsdosering. Vägningen utförs med elektroniska vågar, vilka kan vara av genomströmningstyp (vippvågar) eller att man väger hela satsen med hjälp av lastceller. Genomströmningstvågen, vilken väger i små satser, är placerad före kvarnen och satsblandaren. Att väga med hjälp av lastceller är dock vanligare. Dessa är placerade under en separat vågficka innan kvarn och satsblandare alternativt under själva satsblandaren. De olika foderkomponenterna fylls på tills förinställd vikt enligt recept uppnås, vilket kan styras manuellt eller automatiskt.

Vid kontinuerlig blandning är volymsdosering vanligast. Det finns olika typer av volymsdoserare, antingen sådana där önskad volym erhålls genom att en mindre bestämd volymenhet upprepas tills rätt mängd uppnås exempelvis med hjälp av cellhjul, klaff eller fack - eller - doserare med reglerbar genomströmning med hjälp av skruvar, roterande skiva, band etc.

Blandare för mixning av kraftfoder och grovfoder

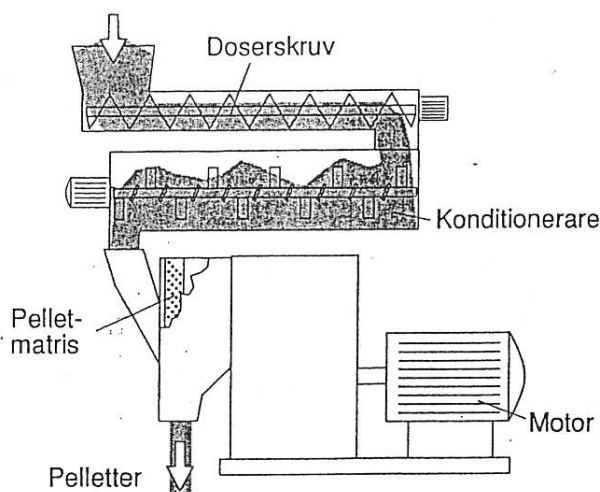
Fullfoderblandare förekommer som stationära eller mobila. De arbetsprinciper som förekommer hos fullfoderblandare är omblandning med hjälp av skruv, haspel eller paddlar. Skruvblandare förekommer med både horisontell, vertikal och lutande skruvar. Skruvblandare utrustad med vertikal skruv är den enda blandare som kan sönderdela hela rundbalar. En nackdel med denna typ av blandare när den skall hantera stora volymer kan vara att få till en tillräckligt homogen foderblandning. En annan nackdel är kvarliggande foderrester efter tömning vilka kan orsaka hygieniska problem. Både haspelblandare och paddelblandare kräver ett hackat grovfoder. Båda typerna är skonsamma mot fodret och ger en blandning som är luftig och lätt. En fördel med paddelblandare är att de slits mindre och har lägre strömförbrukning än skruv- och haspelblandare.

Faktorer som påverkar mixens fysiska egenskaper är i vilken ordning de olika foderkomponenterna fylls på, lastens storlek i förhållande till blandarens kapacitet, varvtal och mixningstiden. I skruvblandare ska grovfodret läggas i först. Dock kan det vara svårt att få små fodertillsatser att blanda sig väl. En nackdel med skruvblandare är att grovfodrets struktur kan förstöras vid långa omblandningstider.

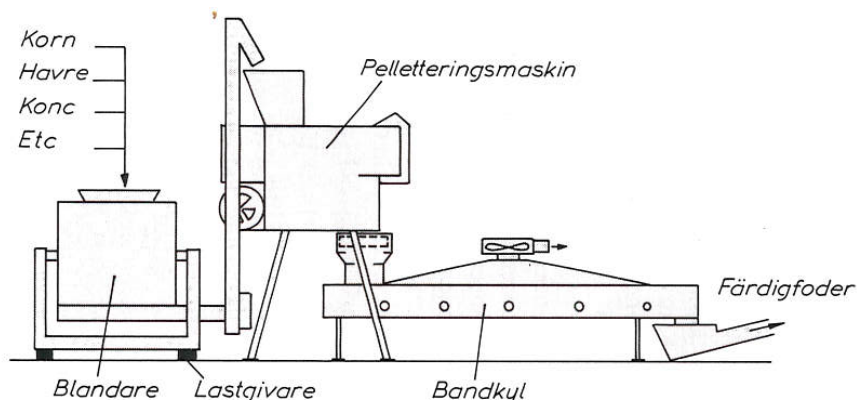
Rekommendationer för övriga blandare är att lägga i de små fodermedlen först (mineraler och proteinfoder) sen spannmål och sist grovfodret. Det kräver dock att grovfodret är hackat eller att rundbalarna är sönderdelade. En fördel är att små fodermedel lättare fördelar sig jämt i foderblandningen. I en haspelblandare krävs en jämn fördelning av alla fodermedel över blandarens längd. En viktig aspekt vid blandningen av fodermixen är att den inte får bli för torr vilket kan leda till foderblandningen separerar på foderbordet varefter korna kan selektera de smakligaste delarna. Om grovfodret är för torrt är en lösning på problemet att tillsätta vatten till fodermixen. Återkommande rengöring av fullfoderblandaren är ett viktigt moment för att motverka mikrobiell tillväxt i foderblandningen.

Pelletering

Pelletering är ett effektivt sätt att förhindra näringsmässig separation hos en foderblandning i samband med att den hanteras under transport och lagring. Pelletering leder till en förbättrad hanterbarhet så att exempelvis en befintlig utrustning för lagring, transport och utfodring kan användas även om foderråvaran är fuktig. Beroende på hur väl man lyckats med hållfastheten kan det dock efter pelleteringen ske en sönderdelning i samband med hantering som orsakar variationer beträffande fodrets volymvikt. Huvudparten av det fabrikstillverkade fodret är pelleterat, medan pelletering på gårdsnivå idag endast tillämpas av ett fåtal fjäderfäproducenter, sannolikt beroende på ett högt investeringsbehov. Förutom ett homogenerare foder är avsikten i dessa fall att kunna uppfylla det lagstadgade kravet på värmebehandling (75°C) när fodret används till fjäderfä. I dessa anläggningar upphettas den sönderdelade foderblandningen i en konditionerare innan pelleteringen, bild 19 a). En enklare och billigare lösning för en gårdsanläggning där det inte finns krav på värmebehandling är en utrustning för kallpelletering, dvs pelletering utan föregående uppvärmning av foderblandningen, bild 19 b). Den kan utgöras av en satsblandare i vilken de olika foderkomponenterna vägs in och blandas, pelleteringsmaskin och en utrustning för kylning exempelvis en bandkylare. En effektiv kylning är nödvändig efter pelleteringen på grund av att temperaturen på fodret, beroende på vattenhalt, stiger till mellan 40 till 55°C. Spannmålen kan pelleteras både hel och krossad, i det senare fallet ökar dock både maskinens kapacitet samt foderutnyttjandet.



a)



b)

Bild 19. a) Pelletspress utrustad med konditionerare för värmebehandling samt b) pelleteringsutrustning utan värmebehandling för gårdsbruk med viktsstyrd helsatsvåg/blandare samt bandkyl. (Källa: JTI)

Rostning

Användningen av åkerböror som proteinfoder har ökat betydligt och 2017 uppgick den tröskade arealen till ca 30 500 ha. Nedbrytningen av proteinfraktionen hos åkerböna i vommen är dock hög, som hos de flesta andra hemodlade grödor. Med en ökad användning av närproducerade proteinfoder är därför en av de största utmaningarna att öka deras s.k. AAT-värde (andelen Aminosyror som Absorberas i Tunntarmen) genom att minska nedbrytbarheten i vommen. Speciellt den högvakastande mjölkkon har behov av proteinfoder med låg vomnedbrytbarhet hos proteindelen, då den mikrobiella proteinsyntesen i vommen inte är tillräcklig för att täcka behoven. I Nordamerika har det pågått studier sedan 1970-talet av möjligheterna att med hjälp av

fysikaliska eller kemiska metoder öka AAT-värdet hos hel sojaböna samt dess mjöl. Metodutvecklingen skedde främst under 1980 - 90-talen. En av metoderna som har potentialen att åstadkomma en ökad andel vomskyddat protein är värmebehandling. Enligt olika studier av denna metod är de viktigaste faktorerna för att öka AAT-värdet använd temperatur och behandlingstid. Hur snabbt bönan värms upp påverkas av partikelstorlek, uppvärmningsmetod och sannolikt även av bönans vattenhalt. Nyare studier tyder på att autoklavering (fuktig värme) har betydligt större effekt än torr värme. För bästa resultat är det sannolikt viktigt att den använda metoden åstadkomma en jämn uppvärmning. Uppvärmningen får heller inte vara för kraftig så att aminosyrorna skadas och därmed inte tas upp i tunntarmen. Risken för detta ökar vid kombinationen värme och fukt.

En utrustning framtagen av det amerikanska företaget Dilts-Wetzel Manufacturing Co har gett bra resultat vid värmebehandling av sojaböner i amerikanska studier och med åkerböna och lupiner i danska studier. Värmebehandlingen sker i två steg och först upphettas materialet till mellan 99 till 140°C under en timme (torr värme) därefter ångbehandlas materialet under cirka en halvtimme (fuktig värme). Utrustningen utgörs av en lång trumma vars mantelyta omspolas av upphettad olja och genom vilken det värmebehandlade materialet skruvas. En temperaturnivå som visat sig lämplig för sojaböna är 120°C. I Norden marknadsförs denna utrustning av det danska företaget Mosegården A/S under namnet Mastertoaster. Priset för denna utrustning (2018) ligger på mellan 170 000 SEK för en maskin med kapacitet på 600 kilo per dygn och 270 000 SEK när kapaciteten är fyra ton per dygn. Denna utrustning förekommer på gårdar bl.a. i USA och Danmark.

RISE Jordbruk och Livsmedel, (fd JTI), har testat en utrustning för rostning (R-100E, Roastech, Blomfontein, Sydafrika) med en kapacitet av drygt 2 ton per dygn. Maskinens trumma, som är perforerad med 3 mm hål, värms upp elektriskt (15 kW) (torr värme). Temperaturnivån är reglerbar och maximal temperatur är 250°C. Värmebehandlingen med denna utrustning är hårdare, varför kortare behandlingstid används. I en studie i labbskala utförd vid SLU uppmättes en minskad vomnedbrytbarhet av råprotein på 6-14 procentenheter när temperaturnivåerna 165-205°C användes. Uppehållstiden i trumman med denna uppvärmningsteknik är kort, i denna studie 5,5 minuter. Tekniken innebär en ökad brandrisk och kräver mer utvärdering. Risken för skador på aminosyror och nedsatt smältbarhet ökar med högre temperatur, fukt och längre tid. Man bör undvika temperaturer om 150 till 160°C och däröver, samt behandlingstider över 5 minuter. Värmebehandling kan dock pågå i upp till 10 minuter vid lägre temperatur, 120°C, utan negativa effekter (data från Euro Legume).

Lagring av kraftfoder

Både inköpt och hemmaberett kraftfoder behöver kunna lagras skyddat från fukt och skadedjur. Kraftfodersilor är i allmänhet tillverkade av plåt, glasfiber, melaminbelagda spånskivor eller av väv. Det brukar räcka med att plåtsilon är förzinkad när den är placerad inomhus medan utomhusplacering kräver ett bättre rostskydd. Fördelen med glasfibersilor är att de inte rostar och att det är lätt att kontrollera fodernivån om silon är transparent. Silor av skivmaterial och väv är enbart avsedda för inomhusplacering. Vid placering utomhus måste silon vara tät mot fuktinträning med skydd över skruvlådan och tömningsskruven.

Placeringen av fodersilon är viktig. För att minska risken för separation i transportörer bör den vara placerad så att man får så raka och korta transportvägar som möjligt. Ur hygienisk synpunkt sker lagringen bäst i silor placerade inomhus. De bör helst vara placerade i ett tempererat utrymme eller vara värmeisolerade för att minimera risken för kondensbildning, vilket uppstår när temperaturskillnaderna är för stora mellan fodret och omgivningen (siloväggen). För torrt foder föreligger risk för kondensbildning när fodrets temperatur överstiger omgivningstemperaturen med 7°C, en risk som föreligger redan vid lägre temperaturdifferenser om fodret är fuktigt. Kondensutfällningar på siloväggarna leder till foderbeläggningar som är svåra att rengöra. Exempelvis är risken för kraftig kondensbildning som störst vid placeringar i direkt solljus eller på skullen med utlopp ned i stallet.

Val av silostorlek

Behovet av silostorlek bestäms av faktorer som foderförbrukning per dygn och lagringstid och vid inköp av foder även av kvantitetsrabatter. Det senare innebär i allmänhet att ett helt lastbilslas behöver kunna lagras. Hemmaberett foder lagras vanligtvis en kort tid, varför en silo för mellanlagring kan göras tämligen liten. En mindre silovolym ökar möjligheterna till att placera lagret inomhus. Fuktig spannmål i foderblandningen förutsätter maximalt några dygns lagring. För att undvika kvarstående foderrester bör silon tömmas helt och rengöras innan nästa påfyllning, vilket innebär att lagret helst bör delas upp på två silor alternativt att en s.k. dubbelsilo med delad nedre del används. Ett alternativ är också att använda en silo som är utformad för att ge ett massflöde, vilket innebär att det foder som är först in i silon också är först ut ur silon. Detta minimerar separationen och innebär också att det inte bildas några restfraktioner i silon om kondensbildning uppstått. Sannolikt krävs det att fodret är torrt för att ett massflöde skall uppnås. Eventuellt kan även en större satsblandare fungera som lager.

För att kunna beräkna lagringsutrymmets storlek behöver man bland annat känna till det färdiga fodrets volymvikt. Värdena i tabell 7 kan användas för överslagsberäkningar. Det framgår av tabellen att variationerna för samma typ av foder är stora.

Tabell 7. Rymdvikter för några olika slag av kraftfoder (Svedinger, 1995).

Foder	Rymdvikt, kg/m ³	
	medeltal	variation
Färdigfoder kross	475	400-550
Färdigfoder pelletter	600	550-650
Koncentrat	675	600-750
Gröpe, korn	525	450-600
Gröpe, havre	450	400-500
Kross, korn	410	350-470
Kross, havre	385	320-450

Förhindra separation

Det är viktigt att foderblandningen inte separerar under hanteringen fram till utfodringsplatsen, vilket kan leda till stora skillnader i näringsinnehåll och volymvikt. En av de vanligaste orsakerna till försämrad produktion är att fodret separerar under hanteringen, dels vid fyllningen av silor och dels i foderanläggningen. Separation uppstår när partikelstorleken varierar hos fodret, vilket leder till att partiklarna skiftar sig efter storlek. Störst risk för separation har kross och minst malet och pelleterat foder, i det senare fallet under förutsättning att de är hållfasta. De åtgärder som kan göras för att minska risken för separation vid fyllning av en silo är att:

- **minska fallhastigheten** genom att fylla med en skruv och vid lufttransport sänka hastigheten med hjälp av cyklon eller vippbehållare
- **minska fallhöjden** med hjälp av centrumrör eller fallränna
- **minska rasbrantens storlek** med hjälp av en fördelare

För att motverka separation i foderanläggningen krävs att fodret och anläggningstypen anpassas efter varandra. En stationär utfodringsanläggning har större krav på att fodret har en jämn partikelfördelning, varför malet eller pelleterat foder är lämpligast. Däremot fungerar kross bra vid utfodring av flerkomponentsfoder med manuella eller automatiserade vagnar samt mixervagnar för fullfoder.

Förhindra valvbildning

Silons nedre del bör vara utformad så att risken för valvbildning och därmed stopp förhindras i samband med tömning. För att motverka detta bör silons nedre del vara försedd med en tryckavlastare. Viktigt är också att tömningskonens vinkel samt öppning är tillräckligt stora. För torrt foder brukar en vägglutning på 60 grader användas medan lutningen vid fuktigt foder skall vara minst 70 grader. Öppningens diameter eller sida (rektangulär silo) bör inte vara mindre än 40 cm. De vibrationer som en tömningskruv överför till silon, framför allt om den är högvarvig, bidrar till en minskad risk för valvbildning.

Sammanfattning lagring

De grundläggande kraven på en lagringssilo kan sammanfattas enligt följande:

- vara tillräckligt hållfast för att klara dynamiska laster från fodret
- lätt att rengöra genom släta innerväggar, manlucka och att risken för kondensbildning minimerats samt tillräckligt tät för att motverka intrång av skadedjur
- vara försedd med separationshämmare
- utloppet utformat så att risken för störningar vid tömningen minimeras
- vid utomhusplacering tillräckligt tät och utrustad med skydd över skruvlåda och tömningskruv för att förhindra fuktinträngning
- att underlaget är dimensionerat för att ta upp belastningen från en full silo enligt leverantörens anvisningar

Val av foderberedningssystem

Vid genomgången av olika tekniker för spannmålskonservering och foderberedning har inte utrustningsleverantörer redovisats. En dagsaktuell sammanställning av vilka leverantörer som finns på den svenska marknaden med länkar redovisas på Lantbruksnets hemsida (<http://lantbruksnet.se>) under rubrikerna Mark-Växt och Husdjur. För att få del av lantbrukares erfarenheter av en viss teknik brukar leverantörerna i allmänhet kunna lämna uppgifter om referensgårdar. Denna rapport är främst en genomgång av förutsättningar samt av tekniska lösningar vid konservering, beredning och lagring av råvaror och kraftfoder, medan förslag på systemlösningar presenteras separat inom föreliggande projekt i form av sex olika typgårdar (Philip Carlsson & Gustafsson, 2019). Ytterligare tips om systemlösningar och i viss utsträckning också uppgifter om investeringskostnader finns redovisade i ett examensarbete vid institutionen för Husdjurens utfodring och vård, SLU, "Olika

utfodringssystem till mjölkkor i Hallands län” samt i rapporten ”Inomgårdshantering av spannmål, trindsäd och oljeväxter” utgiven av Statens Jordbruksverk. Att spara energi på gårdsnivå blir en allt viktigare fråga vid val av tekniska lösningar. En genomgång av energieffektivisering i djurproduktionen inklusive spannmålskonservering finns redovisade i skriften ”Handbok om energieffektivisering” (Neumann, 2013) utgiven av LRF (se även nedan).

Mer att läsa om foderberedning

Några förslag på lämplig fördjupningslitteratur inom området foderberedning:

- Berntsson, H., 2017. Olika utfodringssystem till mjölkkor i Hallands län. Examensarbete vid Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, nr 594.
- Larsson, K., 1975. Lagring av kraftfoder. Meddelande 362, Jordbrukstekniska institutet. JTI. Uppsala
- Larsson, K., 1978. Transport och portionering av kraftfoder vid mekanisk utfodring. Meddelande 374, Jordbrukstekniska institutet. JTI. Uppsala
- Larsson, K., 1988. Beredning och hantering av kraftfoder – med tonvikt på foder med hög vattenhalt, Meddelande 418, Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala
- Philip Carlsson, M. och Gustafsson, A. H., 2019. Teknisklösningar för egenproducerat kraftfoder i besättningar med mjölkkor – en exempelsamling. Rapport 299. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Thylén, A., 1990. Teknik för sönderdelning och utfodring av rapsfrö. Rapport 117. Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala
- Hörndahl, T. 2008. Inomgårdshantering av spannmål, trindsäd och oljeväxter. SJV, Statens jordbruksverk.
- Neuman, L., 2013. Handbok om energieffektivisering. Energieffektivisering i djurproduktionen. Utgiven av LRF.
<https://www.lrf.se/foretagande/resurseffektivisering/spara-energi/handbok-om-energieffektivisering/>

Senast publicerade titlar i denna serie:

Latest published in this series:

Nr	År	Titel och författare
Nr 284	2013	Microbial characterization of wet pig feed. Borling, J. <i>Licentiate thesis</i>
Nr 285	2013	Renhjörd i kollaps – produktivitet, kondition och renförluster i Njaarke sameby. Åhman, B.
Nr 286	2013	Mjök på bara vall och spannmål. Spörndly, R. och Spörndly, E.
Nr 287	2013	Proceedings of the 4 th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Spörndly, R., Rustas, B-O., Eriksson, T., Müller, C. and Liljeholm, M.
Nr 288	2013	Performance of dairy cows and calves in agro-pastoral production systems. Johansson, C. <i>Licentiate thesis</i>
Nr 289	2013	Utfodringsrekommendationer för häst. Redaktör: Jansson, A.
Nr 290	2014	Proceedings of the 5 th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden,. Editor: Udén, P.
Nr 291	2015	Proceedings of the 6 th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editor: Udén, P.
Nr 292	2016	Updating Swedish emission factors for cattle to be used for calculations of greenhouse gases. Bertilsson, J.
Nr 293	2016	Proceedings of the 7 th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Eriksson, T., Rustas, B-O. and Danielsson, R.
Nr 294	2016	Renar och vindkraft II – Vindkraft i drift och effekter på renar och renskötsel. Skarin, A., Sandström, P., Moudud, A., Byhot, Y. och Nellemann C.
Nr 295	2016	Single cell protein in fish feed: Effects on gut microbiota. Nyman, A. <i>Licentiate thesis</i>
Nr 296	2017	Proceedings of the 8 th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B-O., Mogodiniyai Kasmaei, K. and Liljeholm, M.
Nr 297	2018	Betesdjur och betestryck i naturbetesmarker. Spörndly, E. och Glimskär, A.
Nr 298	2018	Proceedings of the 9 th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B-O. and Liljeholm, M.
Nr 299	2019	Tekniklösningar för egenproducerat kraftfoder i besättningar med mjölkkor - en exempelsamling. Carlsson, M.P. och Gustafsson, A.H.
Nr 300	2019	Grundläggande foderhygien – med fokus på mikrobiologiska faror i lokalproducerat foder till mjölkkor. Elving, J.
Nr 301	2019	Ersättningsfoder till nötkreatur vid grovfoderbrist. Spörndly, R., Bergkvist, G., Nilsson-Linde, N. och Eriksson, T.
Nr 302	2019	Proceedings of the 10 th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden. Editors: Udén, P., Eriksson, T., Spörndly, R., Rustas, B-O. and Karlsson, J.
Nr 303	2019	Konservering och gårdsberedning av kraftfoder till kor. Jonsson, N.

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet

Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Box 7024

750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 20 26

Marianne.Lovgren@slu.se