

Djupströbäddar för får - växtnäringsvärde och jämförelse av strömaterial

Deep litter for sheep - plant nutrient value and comparison of bedding materials



Gun Bernes, Institutionen för Norrländsk jordbruksvetenskap, SLU, Umeå

Knut-Håkan Jeppsson, Institutionen för Biosystem och Teknologi, SLU, Alnarp

Cecilia Palmberg, Institutionen för Norrländsk jordbruksvetenskap, SLU, Umeå

Förord

Projektet har finansierats av SLU-Ekoforsk. Det har varit ett samarbete mellan institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap (NJV) i Umeå och institutionen för biosystem och teknologi (BT) i Alnarp, båda inom Sveriges lantbruksuniversitet. Vi tackar två utbytesstudenter, Samuel Knapp och Federica Aru, som har hjälpt till med staldelen av projektet. Vi tackar också lagårds-personal och labpersonal på institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap som hjälpt till i olika skeden av projektet.

Foto på omslaget Gun Bernes: Utfodring under stallperiod 1.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
Abstract.....	6
Introduktion	7
Försök genomförda i projektet.....	9
Försök med djupströbäddar under stallperiod 1 och 2	10
Försöksstallet.....	10
Försöksdjuren	12
Utfodring, konsumtion och foderanalyser	13
Vattenkonsumtion	15
Strömedel	16
Ströförbrukning	17
Djupströbäddarnas tjocklek.....	18
Temperaturen i djupströbäddarna	21
Torrsubstanshalten i djupströbäddarna	23
Djupströbäddarnas och djurens renhet	23
Djurens beteende vid ströning.....	24
Luftmiljö i stallet	24
Provtagning av djupströbäddarna efter stallperioderna	25
Kemisk sammansättning hos djupströgödsel från stallet	26
Mellanlagring i stall efter stallperiod 2.....	28
Analyser av djupströgödsel	28
Temperaturen i djupströbäddarna	28
Ströbäddens tjocklek.....	28
Mellanlagring i gödselhögar efter stallperiod 1	29
Temperatur i gödselhögarna	31
Gödselprover och gödselmängder	32
Kemisk sammansättning av djupströgödsel från gödselhögarna	32
Avrinningsvatten	33
Beräkning av växtnäringsbalanser.....	36
Växtnäringsbalans för stallperiod 1	36
Växtnäringsbalans för stallperiod 2	37
Växthusstudie.....	38

Fältstudie.....	40
Gödselprover från fältstudien	41
Övergripande diskussion.....	43
Slutsatser	47
Litteraturlista	47
Bilaga 1 – Näringsämnen i mineralfodret.....	50
Bilaga 2 Hantering och analys av prover på foder, strömedel och djupströgödsel	51

Sammanfattning

De allra flesta svenska får går på djupströbäddar under vintern. Det är viktigt att gårdens växtnäringsbalans optimeras, men kunskapen om växtnäringsinnehåll, kväveförluster och växtnäringsvärde i djupströgödsel från får har varit mycket bristfällig.

Syftet med projektet har varit att öka kunskapen om växtnäringsinnehållet i djupströgödsel från får; att undersöka hur ströbädden fungerar under stallperioden samt under mellanlagring på stall inne eller i högar ute, att beräkna hur mycket gödseln är värd i växtnäringscirkulationen på gården och hur stora förlusterna är, samt att jämföra kornhalm och rörflen som strömedel till får.

I två stallförsök på Röbbäcksdalens forskningsstation i Umeå hölls tackor och tacklamm i boxar som ströades med antingen halm eller rörflen. Tillväxten hos tacklammen var 50 g per dag och det var ingen skillnad mellan strömedlen. Luftkvaliteten i stallet var god; ammoniakhalten var i medeltal 2,4 ppm och koldioxidhalten 637 ppm vilket tyder på en tillfredsställande luftväxling. Stalltemperaturen var något högre än utomhustemperaturen (genomsnittlig skillnad 2,6–2,9°C) och varierade mellan -18°C och +13°C.

Både rörflen och kornhalm fungerar bra som strömedel till får både vad gäller bäddens renhet och nedbrytning av bädden, men det går åt ca 10 % mer strömedel för rörflen för samma renhet. Rörflen dammar något mer vid ströning än halm. Den genomsnittliga tjockleken på ströbäddarna i slutet av stallperioderna var 33-35 cm för halm och 36-37 cm för rörflen. Temperaturen på 85 mm djup i bäddarna var i medeltal 17°C och det var ingen skillnad mellan strömedlen. De olika strömedlen skilde sig inte heller åt, utom för kalium där rörflen hade lägre halter än halm. Vid provtagningar före och efter lagringen inomhus var medelvärdena för innehållet i ett ton gödsel 11,2 kg totalkväve, 3,0 kg ammoniumkväve, 2,2 kg fosfor och 14 kg kalium.

Vid lagring i hög utomhus under maj-oktober ökade temperaturen snabbt inuti högarna till 60-75°C. Den sjönk sedan under hela sommaren för att närma sig utomhustemperaturen när försöket avslutades i mitten av oktober. Temperaturhöjningen beror på nedbrytning av organiskt material, kompostering. Balanser visar att mängden torrsustans i högarna minskade med 55-63 %. Däremot minskade inte vikten på gödseln eftersom vattenhalten ökade på grund av nederbörden under sommaren. I slutet av lagringen utomhus var medelvärdena för innehållet i ett ton gödsel 7,0 kg totalkväve, 0,8 kg ammoniumkväve, 1,6 kg fosfor och 12 kg kalium. Värdet på gödseln efter lagring i hög var ca 180 kr per ton och ungefär 100 kr per ton hade förlorats under lagringen på grund av växtnäringsförlusterna (40 % av kväve och kalium från stall).

Fårgödseln i djupströbäddarna med kornhalm eller rörflen förlorade små mängder kväve under stallperioden och lagringen inomhus (10–12 %). Vid lagring av bäddarna inomhus i fyra månader efter stallperioden ändrades inte halterna av olika näringsämnen signifikant. Däremot försvann en stor del av kvävet under lagringen utomhus i högar (35-51 %). Kvävets tillgänglighet minskar drastiskt i gödseln vid lagring i högar som inte är täckta eftersom det som försvinner är växttillgängligt ammonium. En kompletterande studie av djupströgödsel från fårproducenter i Skåne och Västerbotten bekräftade att ammoniumhalterna är betydligt högre i gödsel från stallet än efter lagring utomhus.

Abstract

Most Swedish sheep are kept on deep litter beds during winter. It is important that the farm nutrient balance is optimized, but the knowledge of plant nutrient content, nitrogen losses and plant nutrient value of sheep deep litter has been very limited.

The aim of the project has been to increase the knowledge about plant nutrient content in sheep deep litter; to study the function of the deep litter during the stable period and during storage in the stable or in heaps outside, to calculate the plant nutrient value of the deep litter in the nutrient cycling on the farm and nutrient losses, and to compare barley straw reed canary grass as bedding material for sheep.

During two winter housing periods at Röbbäcksdalen research station in Umeå, Sweden, ewes and ewe lambs were kept in pens that were either bedded with barley straw or reed canary grass. The growth of the ewe lambs was 50 g per day and there was no difference between the bedding materials. The air quality in the stable was good; concentrations of ammonia and carbon dioxide were on average 2.4 and 637 ppm respectively, which indicates that the ventilation was satisfactory. The indoor temperature was somewhat higher than the outdoor temperature (the average difference was 2.6-2.9°C and the range was -18°C to +13°C).

Both reed canary grass and barley straw are suitable as bedding material for sheep, both regarding cleanliness of the beds and composting of the material. The consumption of bedding material was somewhat higher for reed canary grass, to keep the same level of cleanliness. Reed canary grass was also somewhat dustier at handling than straw. The average depth of the beds at the end of the housing periods was 33-35 cm for straw and 36-37 cm for reed canary grass. The average temperature at 85 mm depth was 17°C with no difference between the bedding materials. The different bedding materials did not give different nutrient contents in the deep litter except for potassium, where straw had higher concentration of potassium than reed canary grass. At sampling before and after indoor storage, the average content in one tonne deep litter was 11.2 kg total nitrogen, 3.0 kg ammonium nitrogen, 2.2 kg total phosphorous and 14 kg potassium.

When storing the deep litter in outdoor heaps, May-October, the temperature in the middle of them increased rapidly to 75°C in a couple of days. It then decreased during the summer towards the outdoor temperature in mid-October. Balance calculations show that the dry matter decreased by 55-63%, but the total weight of the manure did not decrease, due to the summer rains. At the end of the storage in heaps the average content in one tonne deep litter was 7.0 kg total nitrogen, 0.8 kg ammonium nitrogen, 1.6 kg total phosphorous and 12 kg potassium.

Manure in deep litter beds with barley straw or reed canary grass lost small amounts of nitrogen during the housing period and indoor storing (10-12%). After four months of storage of the deep litter in the stable the concentrations of different nutrients had not changed significantly. On the other hand, a large part of the nitrogen was lost during storage outdoors in heaps (35-51%). This drastically decreased the nitrogen availability in the manure. A complementary study of deep litter manure from sheep producers in Skåne and Västerbotten confirm that ammonium concentrations were higher in deep litter stored indoors than after outdoor storage.

Introduktion

Inom svensk lammproduktion finns ca 280 000 tackor och baggar samt ca 300 000 lamm (SCB, 2017). Omkring 20 % av produktionen är ekologisk (Karlsson, 2015). Merparten av fåren inhyses i byggnader under vintern där de går på djupströbädd. I de flesta fall samlas all gödsel under stallperioden i djupströbädden. Efter utgödsling mellanlagras djupströgödseln oftast i högar fram till senhösten eller följande vår då den brukas ned. Det är viktigt att djupströgödsels näringsinnehåll tas till vara och att gårdens växtnäringsbalans optimeras, särskilt i ekologisk produktion, men kunskapen om växtnäringsinnehåll, kväveförluster och kvävevärde i djupströgödsel från får är mycket bristfällig. När djupströgödseln bryts ned bildas värme (komposteringsprocess) och temperaturen ökar. Komposteringen gör att mängden strömedel som behövs för att upprätthålla god hygien för djuren i stallet minskar, men samtidigt kan processen innebära att kväveförlusterna ökar, framförallt i form av ammoniak som avges till luften.

Som strömedel är spannmålshalm vanligast. Åtgången av ströhalm varierar mellan ca 60 och 150 kg per tacka och år, beroende på produktionsform och längden på stallsäsongen (Meiner m.fl., 2009). Strömedel kan vara kostsamt och år då det är svårt att få tag på halm till rimligt pris behövs alternativ. Rörflen är ett flerårigt högväxande gräs som är intressant framförallt som biobränsle. Det kan odlas även i kallare regioner där tillgången på halm är sämre. Det skördas oftast på våren som dött växtmaterial (Nilsson m.fl., 2011). En del lantbrukare som provat det som strömedel till nötkreatur tycker att strötilldelning, funktion och uppsugningsförmåga är likvärdig med halm (Holmström, 2014). Fårproducenter som provat menar att rörflen fungerar som strö, men påpekar att fåren äter mindre av rörflen än av halmen, vilket kan ses både positivt och negativt, samt att det dammar mer än halm.

En djupströbädd bryts med tiden ned i olika processer beroende på förhållandena i bädden. Hur mycket syre som finns i bädden har stor betydelse för nedbrytningen. Tillgången på syre minskar med djupet samt är lägre i områden av bädden med mycket gödsel (Henriksen m.fl., 2000). Om det finns tillräckligt med syre bryts materialet ned genom kompostering och det bildas koldioxid, vatten samt värme (Kirchmann, 1986). Man säger att bädden "brinner". Bäddens temperatur har ett maximum vid ca 10-15 cm djup (Jeppsson, 1999; Henriksen m.fl., 2000). Temperaturen ligger kring 30-40°C i djupströbäddar för växande nötkreatur med långhalm som strömedel (Holmström, 2014; Henriksen m.fl., 2000; Jeppsson, 1999). Hackad halm ger en bädd med lägre temperatur (Jeppsson, 1999). Temperaturen i en djupströbädd för köttjur med rörflen var i en studie högre än temperaturen i en bädd med kornhalm (Holmström, 2014).

Lämplig vattenhalt för kompostering i djupströbädden är omkring 60 %. Är vattenhalten över ca 80 % blir det syrefattiga förhållanden (Jeppsson, 1996). Då dominerar anaeroba nedbrytningsprocesser och det bildas istället organiska syror, fettsyror, svavelväte och metangas (Kirchmann, 1985a). Detta kan ske i områden med mycket gödsel och vid alltför sparsam strötilldelning som gör bädden blöt och packad.

Enligt en brittisk studie producerar en 65 kg tacka i genomsnitt 4,1 kg gödsel per dag och gödsels ts-halt (träck plus urin) uppmättes till ca 15 % (Smith & Frost, 2000).

Merparten av de kväveförluster som sker från djupströbäddar är i form av ammoniak. Vid kompostering beror ammoniakemissionen bl.a. av C/N-kvoten, vilken i sin tur påverkas av mängden strömedel. Ju högre C/N-kvot (mer strö) desto lägre kväveförluster (Kirchmann, 1985a). Optimal C/N-kvot för kompostering är 30. Om kvoten är >35 går processen långsammare. En alltför låg kvot gör i stället att kväve avgår som ammoniak (Sommer & Dahl, 1999). Enligt Jordbruksverket (SJV, 2017) har djupströgödsel en kvot på ca 30. I ett försök med djupströbäddar för växande nötkreatur med halm som strömedel varierade C/N-kvoten mellan 20-32 (Jeppsson, 2009). Ammoniakavgången beror också på bäddens temperatur, pH, syre- och vatteninnehåll, strömedelens förmåga att binda ammoniak och ammonium samt lufttemperatur och luftväxling. Uppgifter på kväveförluster från djupströbäddar varierar mycket och kan från djupströbäddar med halm för nötkreatur vara mellan 4-10 % av kvävet i färsk träck och urin och för slaktgrisar kring 20-30 % (Jeppsson, 2009).

Vid utgödsling av djupströbädden och utkörning till en gödselhög för mellanlagring blandas gödseln om och syrenehållat ökar. Därmed tar komposteringsprocessen ny fart. Temperaturen i mitten av gödselhögen ökar inom några timmar till ca 40°C (mesofil fas) och kan fortsätta till mellan 45 – 70°C (termofil fas) (Kirchmann 1985b). Högsta nedbrytningshastigheten är vid ca 50°C. Vid högre temperatur än 70°C hämmas mikroorganismers aktivitet (Kirchmann, 1986). Den höga temperaturen i gödselhögen genererar en uppåtgående luftström där ny luft tas in i de lägre delarna av gödselhögen. Andelen luftporer i gödselhögen (djupströgödselns densitet) påverkar luftflödet genom gödselhögen och därmed även temperaturutvecklingen (Sommer & Møller, 2000). Under lagringen minskar gödselhögens volym och mängden torrs substans (Kirchmann, 1986). Ett vanligt alternativ till utkörning och mellanlagring utomhus direkt efter betessläpp är att djupströbäddarna ligger kvar i stallet en tid, som längst tills djuren ska in i stallet igen.

Även under mellanlagringen blir det förluster av näringsämnen. Kväveförlusterna är huvudsakligen ammoniak som avges till luften men även utlakning av mineralkväve (Kirchmann, 1985). En mindre del avges som lustgas (Sommer & Møller, 2000). Vid kompostering av fårgödsel i ett försök i England var ammoniakförlusterna mellan 46 – 57 % av det totala kväveinnehållet (Velasco-Velasco m.fl., 2011). Vid mellanlagring i gödselhög av djupströgödsel från ungnöt var kväveförlusterna orsakade av ammoniakavgång ca 20 % av total-N från djupströbädd med långhalm och ca 10-15 % med hackad halm. Speciellt under den första veckan av mellanlagringen var ammoniakförlusterna mycket höga (Jeppsson m.fl., 1997). Kväveutlakningen till marken var 8,6 % respektive 5,7 % av total-N (Jeppsson m.fl., 1997). Kväveförlusterna beror på hur mycket kväve som mikroorganismerna binder i organisk form, vilket i sin tur beror på C/N-kvoten. Ammoniakavgången vid kompostering av gödsel beror, liksom i bädden, också på temperatur, vattenhalt, luftflöde genom materialet och pH-värde (Velasco-Velasco m.fl., 2011). Utlakning av övriga näringsämnen beror på hur lösliga de är i vatten.

I denna rapport beskrivs ett projekt där vi undersökt hur rörflen fungerar som strömedel till får, jämfört med kornhalm, liksom vilket växtnäringsvärde djupströgödseln har med rörflen eller halm som strömedel. Vi har också studerat vilka förluster av växtnäring det blir i stallet och under mellanlagring i gödselhög, jämfört med om gödseln ligger kvar i stallet till hösten.

Försök genomförda i projektet

Djupströbäddar med halm respektive rörlan jämfördes under två stallperioder (tabell 1). Under stallperioderna registrerades ströförbrukning, djupströbäddarnas tjocklek, temperatur och torrsbstans (ts-halt) samt djurens foder- och vattenförbrukning, viktförändring, hull, renhet, beteende vid ströning och träckens ts-halt. Mängden gödsel efter stallperioderna bestämdes och det togs prover för kemisk analys i samband med att gödseln kördes ut. Växtnäringsbalanser beräknades för varje box under stallperiod 1.

Gödseln efter första stallperioden kördes ut och mellanlagrades i två högar med materialet från halmbäddarna respektive rörlansbäddarna. Under lagringen mättes temperaturen i gödselhögarna. Prover för analys togs före och under lagringen samt i samband med att högarna bröts, då materialet också vägdes. Det togs även prover på avrinningsvatten under lagringen. Växtnäringsbalanser beräknades för mellanlagringen för de två gödselhögarna.

Djupströbäddarna efter andra stallperioden låg kvar och mellanlagrades i stallet. Bäddarnas temperatur och tjocklek mättes under lagringstiden. Efter lagringen i stallet togs prover i samband med att djupströgödseln kördes ut och all gödsel vägdes. Växtnäringsbalanser beräknades för varje box för stallperiod 2 inklusive mellanlagring i stall. Spridning av djupströgödseln ingick inte i projektet. Försöken genomfördes vid SLU's försöksgrd i Rbäcksdalen, Umeå.

Tabell 1. Översikt över försöksupplägg

Delförsök	Startdatum	Beskrivning	Slutdatum	Beskrivning
Stallperiod 1	10 okt 2014	Etablering av ströbäddar och installning av djuren	24 april 2015	Djuren flyttas från boxarna.
			4-5 maj 2015	Utgödsling, vägning och provtagning av gödseln.
Mellanlagring i gödselhög utomhus	4-5 maj 2015	Djupströgödseln läggs i högar. Provtagning av gödseln i högarna.	30 sept 2015	Provtagning av gödseln i högarna.
			14 okt 2015	Högarna bryts, vägning och provtagning av gödseln
Stallperiod 2	12 okt 2015	Etablering av ströbäddar och installning av djuren	18 april 2016	Djuren flyttas från boxarna, provtagning av ströbäddarna
Mellanlagring i stall	18 april 2016	Provtagning av ströbäddarna	16 aug 2016	Utgödsling, vägning och provtagning av gödseln

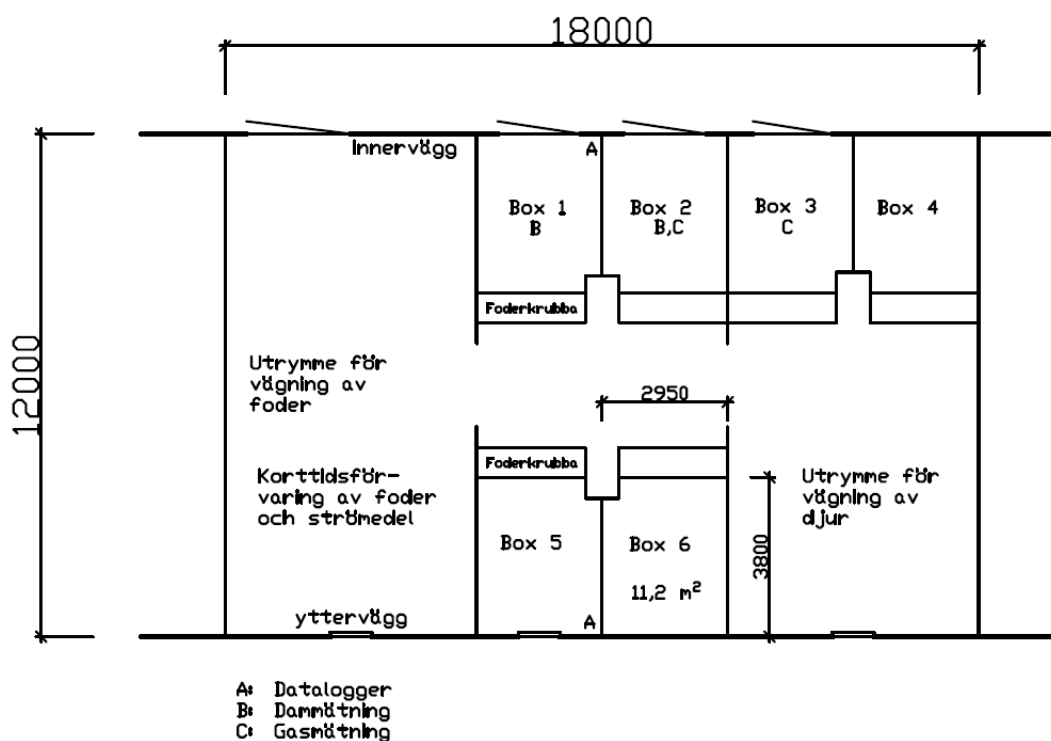
Gödsel med kornhalm från slutprovtagningen i högarna och från slutprovtagning efter mellanlagring inomhus användes till ett växthusförsök i krukor där upptagning av kväve och fosfor i korn mättes.

Förutom försöken som genomfördes i Umeå utfördes en fältstudie där åtta gårdar med lammproduktion besöktes, fyra i Västerbotten och fyra i Skåne. På varje gård togs prover av djupströgsel efter mellanlagring i gödselhög eller i stall.

Försök med djupströbäddar under stallperiod 1 och 2

Försöksstallet

Studierna genomfördes vid Röbbäcksdalens forskningsstation (63°49'N, 20°17'O). Försöksstallet inrymdes i en del av en oisolerad byggnad med betonggolv (figur 1). Utrymmet var totalt ca 18 x 12 m med plats för 6 boxar och korttidsförvaring av foder samt vägning av foder och djur. Varje box var 3,8 m lång och ca 3 m bred (area 11,2 m²). Boxarna utformades med täta väggar av trä och plywood, lägst 1,2 m höga (figur 2).



Figur 1. Skiss över försöksstallet

Tre boxar ströades med kornhalm och tre med rörflen. Under stallperiod 1 användes kornhalm som strömedel i boxarna 1, 3, 5 och rörflen i övriga boxar. Stallperiod 2 ströades boxarna 1, 3, 5 med rörflen.

Lufttemperaturen och luftfuktigheten i stallet registrerades en gång per halvtimme under båda stallperioderna med små dataloggrar (TinyTag Plus2, Gemini Data loggers). En datalogger var placerad inomhus vid en vägg in mot resten av stallet (oisolerat) och en vid en yttervägg (figur 1). Dessa hängde över boxarna på ca 1,6 m höjd från betonggolvet. Utomhusklimatet

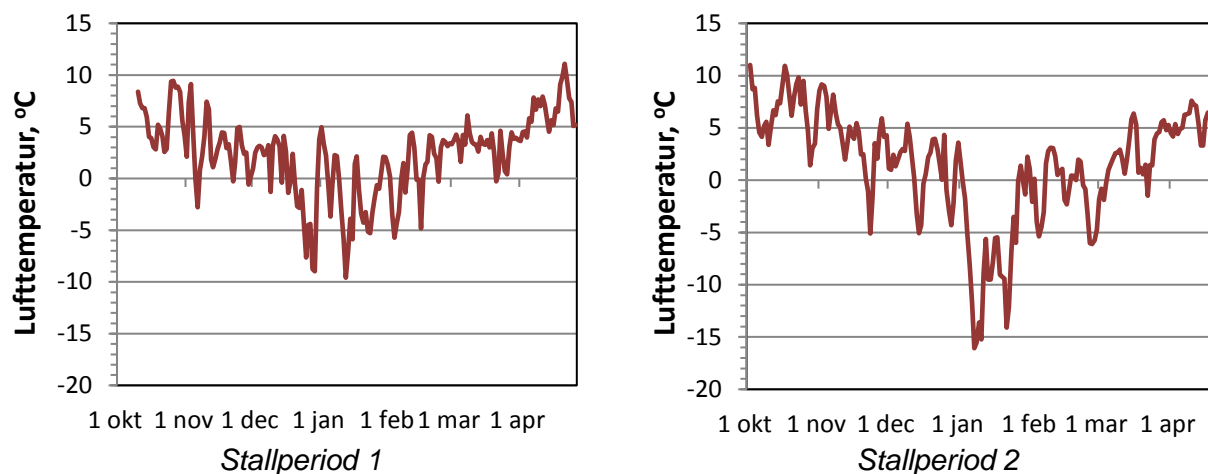
registrerades med en datalogger på utsidan av byggnaden som var placerad i norrläge, skyddad för nederbörd.



Figur 2. Boxarnas utformning i försöksstallet. Box 1 och 2.

Eftersom försöksstallet var oisolerat varierade lufttemperaturen med utomhustemperaturen. Den uppmätta utomhustemperaturen stämmer väl med data från Umeå flygplats och med data från Röbäcksdalens egen väderstation. Medeltemperaturen i stallet under stallperiod 1 var 2,3°C. Vintern var ovanligt mild och lägsta uppmätta dygnstemperaturen inomhus var endast -10°C. Högsta dygnsmedeltemperaturen var +11°C (se figur 3). Temperaturskillnaden mellan stalltemperatur och utetemperatur var i medeltal 2,6°C. Lufttemperaturen vid ytterväggen var bara 0,3°C lägre än vid innerväggen vilket visar på att det var en jämn temperatur i stallet. Den relativa luftfuktigheten i stallet varierade mellan 65 och 100 %.

Vintern under stallperiod 2 var kallare (se figur 3). Medeltemperaturen över hela stallperioden var 1,2°C. Temperaturskillnaden mellan stall- och utetemperatur var 2,9°C. Lägsta och högsta lufttemperatur i stallet var -18°C respektive +13°C. Relativa luftfuktigheten i stallet varierade mellan 70 och 100 % under stallperioden.



Figur 3. Lufttemperatur i fårstallet under stallperiod 1 och 2.

Försöksdjuren

Försöksdjuren hyrdes av en lantbrukare. Stallperiod 1 användes 24 tacklamm och 12 sintackor av texelras i försöket. Djuren under stallperiod 2 var 30 sintackor av texelras födda 2006-2012, dvs. de var från 3,5 till 9,5 år gamla då försöket startade. Ungefär två veckor innan transport till Röbbäcksdalen togs de in från betet på hemgården, klipptes och till stallperiod 1 blev de även avmaskade. Djuren vägdes på hemgården och indelades så att medelvikten skulle vara ungefär densamma i varje box. Vid ankomsten till Röbbäcksdalen vägdes de igen med en digitalvåg. Medelvikten för djuren vid start av stallperiod 1 var 52,4 kg (tackorna vägde 78,8 kg och tacklammen 39,2 kg) och vid start av stallperiod 2 i medeltal 78,6 kg. Under stallperiod 1 hölls två tackor och fyra lamm i varje box och under stallperiod 2 var det fem tackor per box.

Utrymmet per djur i boxarna var större än vad djurskyddsföreskrifterna kräver. Enligt SJVFS (2010) skulle totalarean för boxarna under stallperiod 1 vara minst 6,8 m² och under stallperiod 2 minst 7,0 m². Den större ytan per djur (11,2 m²) kan ha påverkat resultatet.

Under stallperioderna vägdes djuren ungefär varannan vecka (stallperiod 1) respektive ungefär en gång per månad (stallperiod 2). En burvåg med digital vågenhet och noggrannhet på 0,5 kg användes vid vägningarna. Djurens hull bedömdes enligt en femgradig skala (1=mycket mager till 5=mycket fet, angivet med en noggrannhet på 0,25 enheter) i samband med varje vägning under båda stallperioderna.

Spridningen i vikt var stor under stallperiod 1 beroende på att det då var både tacklamm och sintackor. Exempelvis varierade slutvikten mellan 39 och 109 kg. Det var ingen skillnad i viktförändring mellan strötyperna. Viktförändringen för alla djur var i genomsnitt 41 g/dag under stallperiod 1. Tillväxten för enbart lammen var 50 g/dag. Detta var något lägre än önskat och beror troligen till stor del på det sent skördade fodret. Även konkurrensen med stora tackor vid foderbordet kan ha inverkat.

Under stallperiod 2 var det bara sintackor. Spridningen i vikt var ändå stor, exempelvis varierade slutvikten mellan 54,5 och 105 kg. Medelvikten under hela stallperioden var 79,3 kg. Viktförändringen under försöket var i genomsnitt -5 g/dag för alla djur, utan någon skillnad mellan strötyperna. Tabell 2 visar medelvärden över start- och slutvikt för boxarna.

Tabell 2. Medelvärde på djurens start- och slutvikt för halm- respektive rörflexboxarna under stallperiod 1 och 2.

	Startvikt, kg (medelvärde ± stdav)	Slutvikt, kg (medelvärde ± stdav)
Stallperiod 1		
Halmboxar	52,5 ± 20,4	60,0 ± 18,3
Rörflexboxar	52,3 ± 20,5	60,8 ± 18,5
Stallperiod 2		
Halmboxar	78,6 ± 10,0	77,5 ± 12,2
Rörflexboxar	78,5 ± 12,5	77,6 ± 13,8

Det var mycket små förändringar i hull under stallperioderna och det var ingen skillnad mellan de båda strösorterna.

Utfodring, konsumtion och foderanalyser

Foderstaten baserades på fri tillgång på vallensilage. Alla djur hade plats att äta samtidigt längs foderkrubborna. En ensilagebal i taget kördes in i fårhuset och ensilaget lossades med grep och lades i baljor som vägdes och tippades i krubborna. Varje dag delades fodret på två givor som utfodrades morgon (mellan kl 06-08) och eftermiddag (mellan kl 16-18). Morgongivan var densamma för alla boxar, medan eftermiddagsgivan varierade utifrån mängden foderrester. Givan minskades med 1 kg om mängden rester per box var större än 3 kg och ökades om restmängden understeg 2 kg. Varje bal räckte 4-5 dagar. Utöver ensilaget gavs ca 15 g mineralfoder (Effekt Fårmineral, hälften med och hälften utan koppar) per djur och dag. Mineralfodret ströddes över ensilaget vid morgonutfodringen. Innehållet av näringsämnen i mineralfodret finns i bilaga 1. Djuren hade fri tillgång till saltsten (NaCl).

Det ensilage som användes var rundbalat och skördat som sen förstaskörd, för stallperiod 1 den 4 juli och stallperiod 2 den 14 juli. Ensilaget var hackat vid skörden, men strå längden varierade en hel del. Fodret innehöll pga den sena skörden en hel del grova strån med fullgångna ax. Det var inga problem med hållbarheten på ensilaget, men en del torrare balar hade mögelfläckar som sorterades bort före utfodring. De blötaste balarna frös ihop när det var kallt i stallet (< -10 °C) och blev svåra att hantera. Djuren led dock inte synbarligen av detta.

Lämnade foderrester samlades upp boxvis en gång per dag och vägdes, inklusive det som eventuellt hamnat på golvet under och vid sidan av foderbordet. Ingen registrering gjordes av de rester som hamnade i ströbädden. Det var inga synliga stora mängder, och det som eventuellt hamnade där var grova strån som inte kunde skiljas från strömedlet.

Representativa prov togs en gång i veckan av såväl utfodrat ensilage (i samband med utfodringen) som av lämnade foderrester (en näve av resterna från varje box blandades). De uttagna proven vägde mellan 300-600 g före torkning. De lades i påsar med lufthål och torkades i torkskåp vid 60°C i 1-2 dygn. Torrsubstanshalten noterades och därefter förvarades påsarna torrt och mörkt. Proverna maldes till 1 mm och samlades i fyra perioder per stallperiod (Stallperiod 1: 15 okt-26 nov, 3 dec-7 jan, 21 jan-2 mars, 9 mars-20 april; Stallperiod 2: 15 okt-25 nov, 2 dec-11 jan, 18 jan-29 feb, 8 mars-18 april). Proven sändes till EuroFins för analys (bilaga 2).

I tabell 3 redovisas analysresultaten för ensilage och foderrester som medeltal av de fyra samlingsproverna från varje stallperiod. Näringsinnehållet i ensilaget var lägre stallperiod 2 än det var period 1 (lägre protein och socker, mer NDF). Man kan se att fåren valde delar med mer energi och protein men mindre ammoniumkväve och att de valde bort fiberrika delar. Det var också vid sopningen av foderborden tydligt att de grövsta stråna sorterats bort av fåren. Detta är väl kända preferenser. Mer förvånande är kanske att det är mer socker i resterna än i ensilaget och fåren har uppenbarligen även lämnat delar med högre innehåll av natrium. Fermentationskvaliteten var utan anmärkningar.

Tabell 3. Resultat av näringsanalyser på ensilage och foderrester för båda stallperioderna. Medelvärde samt min- och maxvärde av fyra analyser.

	Ts	Oms. Energi	Råprot. (Kjeld.)	Råaska	NDF	Socker	NH ₄ -N	P	K	Ca	Mg	Na	S
	%	MJ/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts
<i>Stallperiod 1</i>													
Ensilage	54 (48-58)	9,5 (9,4-9,8)	109 (104-113)	63 (60-68)	531 (517-544)	101 (86-114)	52 (47-56)	1,8 (1,5-2,1)	15 (13-16)	4,3 (3,7-4,7)	1,3 (1,2-1,4)	0,06 (0,05-0,07)	1,5 (1,3-1,7)
Rester	57 (50-60)	9,0 (8,9-9,1)	90 (74-105)	62 (56-68)	571 (554-578)	125 (107-135)	61 (51-74)	1,8 (1,5-2,0)	13 (12-14)	3,7 (3,0-5,0)	1,4 (1,3-1,6)	0,61 (0,5-0,8)	1,1 (1,0-1,2)
<i>Stallperiod 2</i>													
Ensilage	56 (53-59)	9,4 (9,1-9,7)	91 (87-96)	59 (56-64)	605 (589-617)	67 (50-73)	41 (36-50)	1,7 (1,6-1,8)	17 (16-18)	2,5 (2,1-3,2)	1,3 (1,3-1,4)	0,12 (0,06-0,16)	1,3 (1,3-1,4)
Rester	58 (54-63)	9,0 (8,7-9,2)	65 (65-67)	60 (50-68)	655 (644-669)	84 (70-96)	45 (37-52)	2,1 (1,6-2,7)	16 (15-18)	4,0 (1,8-5,2)	1,6 (1,0-2,3)	1,05 (0,57-1,60)	1,0 (0,9-1,2)

Beräkningar av djurens foderkonsumtion gjordes i SAS (SAS v9.1, Cary, NC, USA). Näringsinnehållet i konsumerat foder justerades efter näringsvärdet i resterna, i förhållande till andelen rester, som i medeltal var ca 20 %. Det foder djuren har ätit har därmed beräknats ha högre näringsvärde än det foder som erbjudits. För växtnäringsbalanserna gjordes en enklare beräkning där analysvärdena för fodret för varje period multiplicerades med mängden foder i varje box, innehållet i mineralfodret adderades och analysvärdena för resterna multiplicerades med mängden rester vilket subtraherades från den tidigare erhållna summan.

Det var ingen skillnad i konsumtion mellan djuren på de olika strötyperna. I medeltal (LS means) var konsumtionen 1,1 kg ts ensilage per djur och dag under stallperiod 1, vilket gav 125 g råprotein, 10,7 MJ omsättbar energi och 580 g NDF. Konsumtionen ökade gradvis allteftersom lammen växte. Under stallperiod 2 var konsumtionen i medeltal (LS means) 1,27 kg ts ensilage per djur och dag, vilket motsvarade 122 g råprotein, 12,1 MJ omsättbar energi och 753 g NDF. Det var lägre konsumtion då balar med ts-halt lägre än 40 % utfodrades, inte minst då en sådan bal råkade öppnas just när det var som kallast i mitten av januari. Konsumtionen var låg båda stallperioderna, med tanke på att maximal konsumtionsförmåga hos får brukar sättas till ca 3 % av kroppsvikten. Motsvarande siffra hamnar här på 2 % för stallperiod 1 och 1,6 % för stallperiod 2 trots att fåren hade fri tillgång till ensilage. Den låga konsumtionen beror troligen delvis på fodrets fysiska beskaffenhet. Ensilaget var sent skördat och hade därmed en hög andel grova strån vilket får inte gärna äter. Det avspeglar sig också på en relativt hög andel osmältbara fibrer, iNDF (i medeltal 250 g/kg NDF stallperiod 1, 227 g/kg NDF stallperiod 2). . Eventuellt kan den låga konsumtionen också bero på att alla får inte nådde ner i botten av foderkrubborna. Fodret "vändes" emellertid flera gånger per dag i foderkrubborna så att de fina strån som hamnat underst blev åtkomliga. Att tackorna var i sin och därmed bara behövde fylla sitt underhållsbehov är troligen också en anledning till den låga konsumtionen. Den genomsnittliga konsumtionen stämde väl med underhållsbehovet för 80 kg tackor, vilket var ungefärlig medelvikt för de äldre djuren. Fåren har alltså inte ätit mer än de behövde. Även för lammen stämde det genomsnittliga näringsintaget med behovet för deras medelvikt och faktiska tillväxt.

Vattenkonsumtion

Vatten gavs manuellt i hinkar två gånger per dag. Det var sällan tomt i hinkarna men det kunde hända då det var varmt och ensilaget var ovanligt torrt.

Vattenkonsumtionen per dygn registrerades vid 19 tillfällen under stallperiod 2. En given mängd vatten (16 till 20 liter) gavs till varje box. Volymen restvatten i hinkarna registrerades vid utfodringen morgonen efter. Konsumtionen av vatten var i medeltal 1,5 l per tacka och dag utan någon statistiskt signifikant skillnad mellan halm- och rörlensboxarna. Det stämmer väl med resultaten i en tidigare svensk studie med tackor på en höfoderstat där vattenkonsumtionen var ca 2 liter per dag under lågdräktigheten (Melin, 1975).

Konsumtionen av vatten varierade en del under stallperioden och det fanns ett samband med stalltemperaturen (korrelation 0,68**) då vattenkonsumtionen de dygn som den mättes ställdes

mot medeltemperaturen i stallet samma dygn. Att får dricker mindre när det är kallt är känt (Melin, 1975; Bailey, 1964). Det medför också att mängden urin minskar och att den blir mer koncentrerad (Hess, 1963). Vattnets temperatur inverkar också, fåren dricker mer av ljummet vatten, enligt Shiga (1986). I vår studie var vattnet ofta kallt. Hinkarna stod lite nedbäddade i ströbädden men vattnet frös efter ett tag när det var flera minusgrader i stallet. Hinkarna fylldes med ljummet vatten när det var kallt och de törstigaste tackorna passade på att dricka när vattnet just var upphällt. Det var dock ingen rusning till hinkarna, så det fanns ingen anledning att misstänka att vattentillförseln var otillräcklig.

Rimligen borde även ensilagens ts-halt inverka på vattenbehovet. Det fanns dock ingen signifikant korrelation mellan vattenkonsumtionen och den uppmätta ts-halten i balen samma vecka (eller veckan före). Det kan bero på att inverkan av stalltemperaturen har större inverkan på vattenkonsumtionen, eller så har registreringarna varit alltför få och oprecisa.

Strömedel

Halmen som användes under båda stallperioderna var kornhalm från Röbbäcksdalens försöksgård. Den var hackad och rundbalad med plast. Halmen till stallperiod 1 (2014/15) var skördad hösten 2013. Den var oftast av god kvalitet, men ett par gånger fanns det blöta partier så att balen byttes ut. Halmbalarna dammade ibland vid hantering. Under stallperiod 2 användes halm som var skördad hösten 2015.

Rörflen köptes in från en närbelägen lantbrukare och var även den rundbalad med plast. Till stallperiod 1 användes två balar med korthackad rörflen slagen på hösten 2013 och balad våren 2014 med 7 knivar i balkammaren samt fem balar med långstråig rörflen slagen och balad våren 2014. Rörflensbalarna dammade en del vid hanteringen med det var inget stort problem. Stallperiod 2 användes delvis hackad rörflen som var vårskördad 2015 (sen skörd pga. den blöta våren). Båda strötyperna höll generellt god kvalitet.

Representativa prover togs av varje strömedel en gång per vecka under båda stallperioderna. Proven vägde mellan 100-200 g före torkning. De lades i påsar med lufthål och torkades i torkskåp vid 60°C temperatur i 2 dygn. Torrsubstanshalten noterades och därefter förvarades påsarna torrt och mörkt. Proverna maldes till 1 mm och samlades i två perioder (från försöksstart till mitten av januari respektive från slutet av januari till försöksslut) för varje strömedel. Proven sändes till Eurofins för analys (Bilaga 2).

I tabell 4 visas resultatet av analyserna av halm och rörflen från båda stallperioderna. Två samlingsprov togs under två analysperioder för strömedlen och i tabellen anges medelvärdena. Det var mycket liten skillnad mellan de två samlingsproverna eftersom det var samma partier av strömedel som användes under respektive stallperiod.

Det var stora skillnader mellan halm och rörflen i några av de analyserade parametrarna. Rörflen hade betydligt lägre innehåll av aska än vad halmen hade. Innehållet av råprotein var också lägre. Värdena för kalium och natrium var tio gånger lägre i rörflen jämfört med i halmen, medan värdena för omsättbar energi och fibrer (NDF, växttråd) var något högre i rörflen än i halmen. Om man jämför mellan åren var innehåll av aska betydligt lägre i båda

strötyperna år 2 jämfört med år 1 medan innehållet av NDF var något högre. Det fanns även en del skillnader i mineralinnehåll (tabell 4).

Tabell 4. Resultat av näringsanalyser på strömedlen för båda stallperioderna. Varje värde är ett medeltal av två samlingsprover.

	Torr-subst.	Oms. Energi	Rå-prot.	Rå-aska	aNDF	Växt-tråd	P	K	Ca	Mg	Na	S
	%	MJ/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts
<i>Stallperiod 1</i>												
Halm	80,7	6,1	53,8	99,1	798	467	0,96	19	3,4	0,42	0,64	1,4
Rörflen	83,9	7,1	38,5	27,5	882	494	0,69	1,8	1,3	0,66	<0,053	0,6
<i>Stallperiod 2</i>												
Halm	79,8	6,2	57,5	60,7	828	452	1,2	16	2,5	0,59	0,35	0,96
Rörflen	83,4	7,2	33,7	19,5	906	502	0,61	1,3	1,2	0,39	<0,05	0,51

Ströförbrukning

Djupströbäddarna med både halm och rörflen etablerades med 50 kg strö i varje box inför båda stallperioderna. Nytt strömedel tillfördes därefter vid behov, vilket innebar vid två eller tre tillfällen per vecka. Mängden strö anpassades enligt uppskattat behov (hur smutsigt det såg ut) och vägdes till varje box.

Under båda stallperioderna var ströförbrukningen mindre för halmboxarna än för rörflensboxarna, ungefär 10 % skillnad. Ströförbrukningen var i medeltal 488 kg för boxarna med halm och 532 kg för boxarna med rörflen under stallperiod 1. Omräknat till åtgång per tacka och dag blir det 0,41 kg respektive 0,45 kg. Det var framförallt under den första tiden som det var något större behov att ströa i boxarna med rörflen, beroende på att stråna här "la sig platt" och träcken syntes mer tydligt på ytan, jämfört med halmboxarna där stråna låg mer fluffigt och träckkulorna försvann ner mellan stråna. Redan i slutet av november var skillnaden mellan behandlingarna ca 20 kg per box i ströad mängd. Det var också en av boxarna med rörflen som var mer utsatt för takdropp p.g.a. kondens på ett rör i taket (box 6, men även box 5 var drabbad en del). I bägge dessa boxar, som dessutom låg mot yttervägg var ströförbrukningen ca 20 kg högre än i de andra boxarna med samma strötyp.

Även under stallperiod 2 var ströförbrukningen mindre för boxarna med halm, 0,39 kg per tacka och dag jämfört med 0,44 kg för boxarna med rörflen. Ströförbrukningen per djur för hela stallperioderna visas i tabell 5. Totalförbrukningen över hela stallperioden var något lägre än för stallperiod 1, 372 kg för halmboxarna och 418 kg för rörflenboxarna. Det upplevda behovet av att ströa mer i rörflensboxarna var emellertid detsamma som första året. Kalla dagar medförde

ofta lägre ströbehov. Det verkar som ytan då "frostorkar", men även en lägre vattenkonsumtion inverkar troligen. Vid något tillfälle med stark kyla ströades det lite extra så att tackorna skulle kunna bädda ned sig. Box 5 och 6 hade liksom stallperiod 1 högst ströförbrukning inom respektive strötyp pga. kondensdropp.

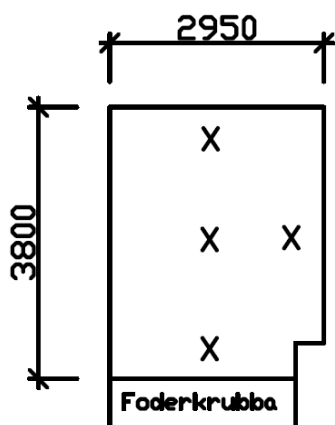
Behovet av strömedel varierar beroende på foderstat då den påverkar träckens ts-halt. Träckprov togs vid fem tillfällen under stallperiod 2 genom att samla färsk spillning från ströbädden. Proven torkades i torkskåp vid 60°C under ett dygn och ts-halten beräknades. Ts-halten var i genomsnitt 34 %, vilket stämmer väl med uppgifter enligt Helander (2009) som uppmätte mellan 27 och 43 % ts i träck hos icke producerande tackor.

Tabell 5. Medelvärden av ströförbrukning för halm- och rörfbensboxarna under stallperiod 1 och 2, per djur. Under stallperiod 1 var det 4 tacklamm och 2 sintackor per box och under stallperiod 2 var det 5 sintackor per box.

	Halm	Rörflen
	kg/djur	kg/djur
Stallperiod 1	81,3	88,7
Stallperiod 2	74,4	83,7

Djupströbäddarnas tjocklek

Djupströbäddarnas tjocklek registrerades på fyra platser i varje box; mitt i boxen samt 0,4 m från foderbord, från långsida mot annan box och från bakre vägg (figur 4). Detta utfördes en gång varannan vecka samt när stallperioderna avslutades. Vid mätningar av ströbäddens tjocklek lades en ca 2,7 kg tung och 0,045 m tjock hålförsedd platta på ströbädden. En spetsig stång sattes i hålet och fördes ned tills det tog stopp mot golvet. Stångens höjd vid översidan av plattan mättes med tumstock.

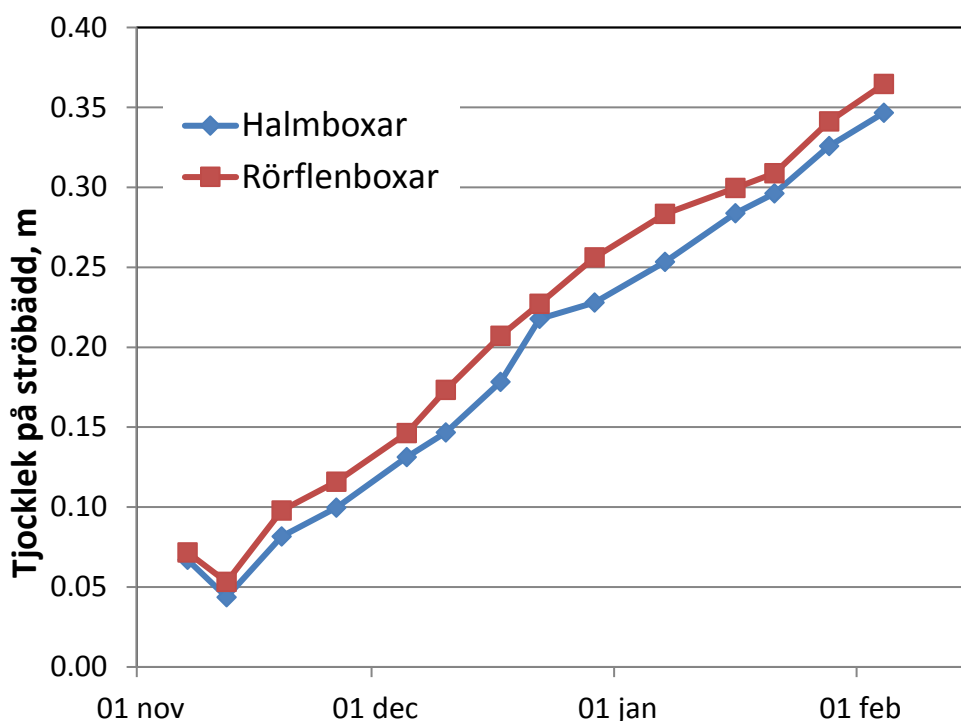


Figur 4. Skiss över box med mätplatser för djupströbäddarnas tjocklek, renhet och temperatur.

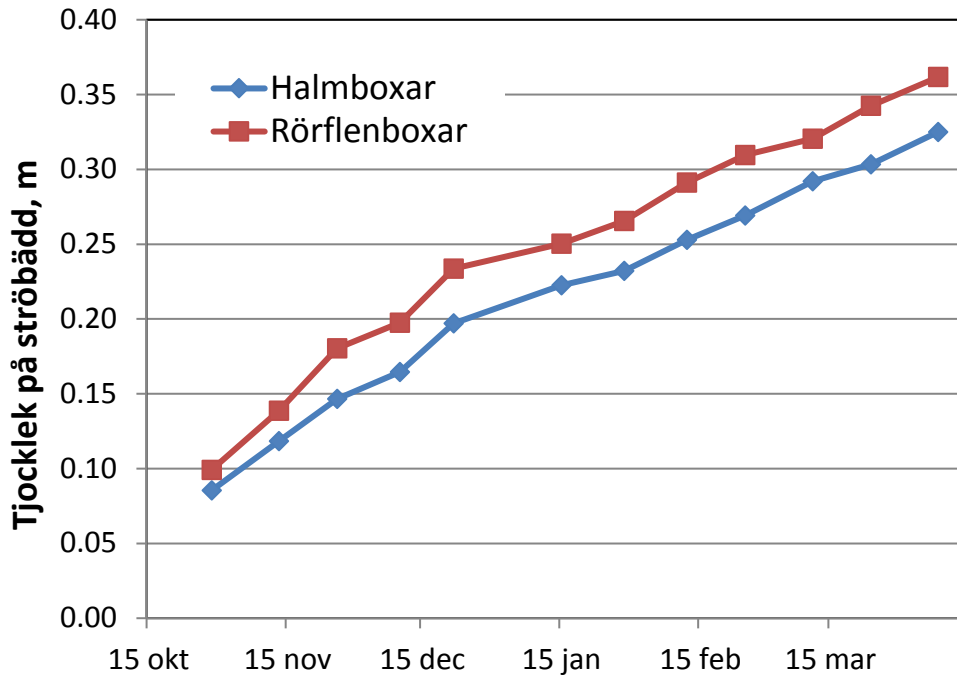
Ströbäddarnas tjocklek ökade under stallperioderna (figur 5 och 6). Rörflensbäddarna var något tjockare i slutet, vilket stämmer med den högre åtgången av rörflen. Efter stallperiod 1 blev bäddarna i medeltal 0,35 m (stdav 0,011 m) i halmboxarna och 0,37 m (stdav 0,007 m) i rörflensboxarna. Räknat över hela säsongen var det dock ingen signifikant skillnad i djup mellan de båda strötyperna. Figur 7 visar box 3 ströad med kornhalm och box 4 ströad med rörflen strax före utgödsling stallperiod 1.

Under stallperiod 2 blev halmbäddarna något lägre jämfört med stallperiod 1. I medeltal var halmbäddarna 0,33 m (stdav 0,012 m) tjocka och rörflensbäddarna 0,36 m (stdav 0,022 m) vid slutet av perioden. Räknat över hela säsongen var det en statistiskt signifikant skillnad i bäddens tjocklek mellan de båda strötyperna ($p=0,007$).

Ströbäddarna var lägst framme vid foderbordet (ca 0,3 m i slutet av perioderna). Här tog det också ett tag innan det bildades en bädd. Det berodde dels på att bädden blev mest tilltrampad här, men också på att tackorna lutade sig mot fodergrinden för att nå ner i botten av krubborna och därmed sköt ströet bakåt i boxen. Djupströbäddarna var tjockast i mitten av boxarna där den slutliga tjockleken var ca 0,4 m.



Figur 5. Medelvärden av djupströbäddarnas tjocklek under stallperiod 1.



Figur 6. Medelvärden av ströbäddarnas tjocklek under stallperiod 2.



Box 3 ströad med kornhalm



Box 4 ströad med rörflen

Figur 7. Box 3 och 4 strax före utgödsling. Det är bakre delen av boxen som syns där det finns en port ut mot en gång. Porten har här öppnats inför utgödslingen.

Temperaturen i djupströbäddarna

Temperaturen i djupströbäddarna registrerades en gång per vecka vid samma platser där bäddarnas tjocklek registrerades. Den första tiden gjordes mätningarna vid botten av bäddarna men när bäddarnas tjocklek var tillräcklig gjordes mätningarna på 0,085 m djup (temperaturgivarens längd under "mätplattan", se ovan). Mätningarna utfördes med ett handinstrument (Clas Ohlson ST-9215C-300).

Medeltemperaturen i bäddarna var ungefär på samma nivå de båda stallperioderna, ca 10°C i början med en ökning till ca 25°C i slutet av stallperioden. Det var signifikant skillnad i temperatur mellan de olika strömedlen under stallperiod 1 ($p=0,041$) men inte under stallperiod 2 ($p=0,18$). Figur 8 visar medeltemperaturen i djupströbäddarna under stallperiod 1 och 2. Temperaturen på 0,085 m djup i bäddarna påverkades av lufttemperaturen i stallet (stallperiod 1: korrelation 0,9***; stallperiod 2: korrelation 0,7***), d.v.s. perioder när det var kallt i stallet sammanfaller med låga temperaturer i bäddarna. De högsta temperaturerna som registrerades i djupströbäddarna var omkring 40°C. Skillnaderna mellan max- och mintemperatur var ca 20°C (figur 8).

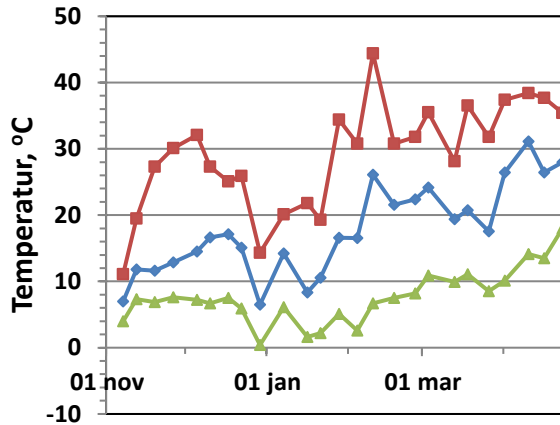
Temperaturen i djupströbäddarna varierade för olika platser i boxen (tabell 6). Lägst temperatur var det vid foderkrubborna där bäddarna var mest tilltrampade. Högst temperatur var det i mitten av boxarna och vid långsidan. Skillnaden var i medeltal ca 12 °C mellan de olika mätplatserna.

Tabell 6. Temperaturen vid 0,085 m djup i djupströbäddarna för olika mätplatser.

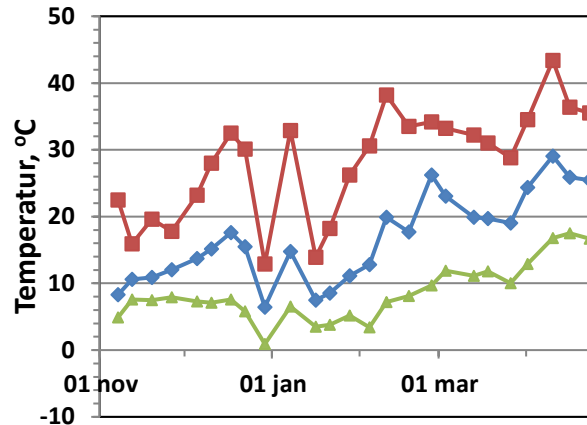
	Stallperiod 1			Stallperiod 2		
	N	Temperatur, °C		N	Temperatur, °C	
		Medelvärde			Medelvärde	
<i>Halmbäddar</i>						
0,4 m från foderbord	74	10,2	C ^{a)}	77	8,2	C ^{a)}
0,4 m från en sida	75	22,6	A	78	20,6	A
Mitt i boxen	75	21,1	A	78	22,2	A
0,4 m från bakre vägg	75	17,0	B	78	14,5	B
Alla mätplatser	299	17,7 ± 9,6 ^{b)}		311	16,4 ± 9,2 ^{b)}	
<i>Rörflensbäddar</i>						
0,4 m från foderbord	75	9,5	C	78	9,4	C
0,4 m från en sida	75	20,8	A	78	22,0	A
Mitt i boxen	75	20,9	A	78	21,9	A
0,4 m från bakre vägg	75	15,2	B	78	15,5	B
Alla mätplatser	300	16,6 ± 9,1 ^{b)}		312	17,2 ± 10,1 ^{b)}	

^{a)} Värderna med olika bokstäver inom år och strömedel är signifikant skilda åt ($p<0,05$)

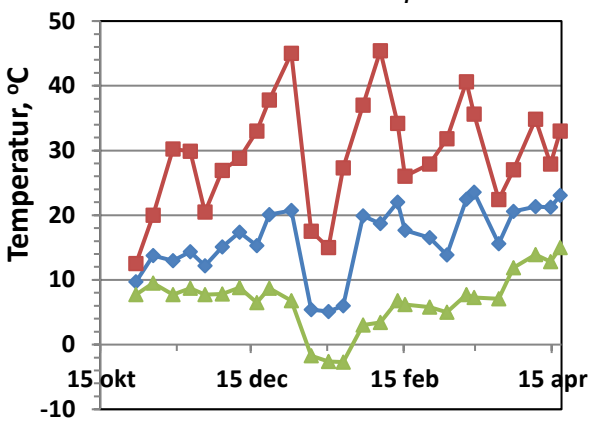
^{b)} Medelvärde ± standardavvikelse



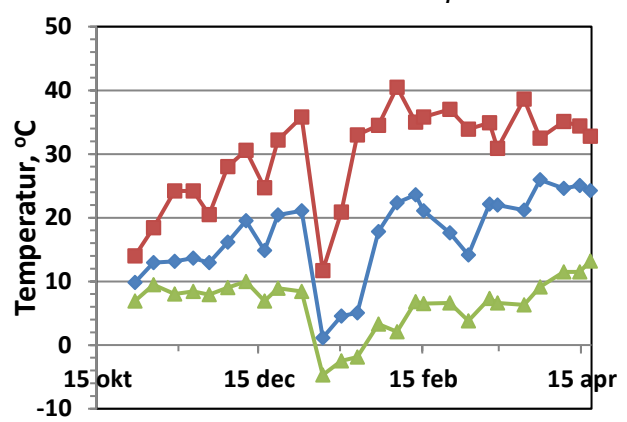
Halmbäddarna under stallperiod 1



Rörlensbäddarna under stallperiod 1



Halmbäddarna under stallperiod 2



Rörlensbäddarna under stallperiod 2

Figur 8. Max-, min- och medeltemperatur i djupströvbäddarna under stallperiod 1 och 2

Vid sju tillfällen under en del av stallperiod 1 (2015-03-04 – 2015-04-23) gjordes även temperaturmätning på 0,1 m, 0,2 m respektive 0,3 m djup i en box med vardera strömedlet. Mätningarna visade en tendens till att temperaturen sjönk längre ned i bäddarna och det var en signifikant skillnad mellan nivåerna om man räknade samman de båda strötyperna (tabell 7). Det var ingen skillnad mellan halm- och rörlensboxarna.

Tabell 7. Temperaturen i djupströvbäddarna vid 0,1 m, 0,2 m och 0,3 m djup under stallperiod 1

Djup under ytan	N	Temperatur, °C (medel ± stdav)			p-värde
		0,1 m	0,2 m	0,3 m	
Alla djupströvbäddar	13	27,1 ± 2,5	25,3 ± 1,9	22,2 ± 2,1	0,029
Halmbäddar	7	27,9 ± 4,4	25,5 ± 3,7	21,7 ± 3,8	0,125
Rörlensbäddar	6	26,1 ± 3,4	24,9 ± 2,0	22,8 ± 2,6	0,270

Att temperaturen var lägre längre ned i bäddarna framkom även vid mätningar under stallperiod 2. Vid åtta tillfällen gjordes en mätning av temperaturen på 0,15 m djup. Den genomsnittliga

skillnaden jämfört med temperaturen på 0,085 m djup visade att temperaturen var 2,8 grader lägre på 0,15 m djup. Det var dock stor variation mellan enskilda mätningar.

Torrsubstanshalten i djupströbäddarna

Under en del av stallperiod 1 (2015-03-04 – 2015-04-23) togs även prover för bestämning av ts-halten på 0,1 m, 0,2 m och 0,3 m djup. Proverna torkades i torkskåp vid 60°C under 2 dygn.

Ts-halten var mellan 40-60 %. Halten skilde inte signifikant mellan olika djup i rörlensboxarna, men var lägre vid ökat djup i halmboxarna (tabell 8). Det var ingen signifikant skillnad mellan halmbäddarna och rörlensbäddarna.

Tabell 8. Ts-halten i djupströbäddarna vid 0,1 m, 0,2 m och 0,3 m djup (Stallperiod 1)

	N	Ts-halt, % (medelvärde ± stdav)			<i>p</i> -värde
		0,1 m	0,2 m	0,3 m	
Alla djupströbäddar	13	57,6 ± 5,9	47,3 ± 5,6	42,3 ± 4,8	0,004
Halmbäddar	7	59,8 ± 8,3	45,6 ± 8,4	40,8 ± 6,6	0,010
Rörlensbäddar	6	55,1 ± 10,6	49,2 ± 9,3	44,0 ± 8,6	0,306

Djupströbäddarnas och djurens renhet

I samband med mätningen av djupströbäddarnas tjocklek bedömdes också bäddarnas renhet kring varje mätställe varannan vecka. Renheten bedömdes okulärt på en skala från 1 (mycket smutsigt) till 4 (helt rent). Skillnaden mellan bäddarna var mycket små. För stallperiod 1 blev medeltalet 2,5 utan någon signifikant skillnad mellan strötyperna ($p=0,057$). Det var oftast inte särskilt smutsigt, utom vid foderbordet där renheten som lägst bedömdes till 1 och medelpoängen blev 1,8 för halmboxarna och 1,7 för rörlensboxarna. Bäddarna var renast baktill i boxarna, med medelvärde 2,9 för både halm- och rörlensboxarna.

Under stallperiod 2 var halmbäddarna något renare än rörlensboxarna. Medeltalen för stallperiod 2 blev 2,9 för halmboxarna och 2,7 för rörlensboxarna, vilket var en signifikant skillnad ($p=0,000$). Det var också en signifikant skillnad ($p=0,000$) beroende på var i boxen bedömningen gjordes, med smutsigare bäddar vid foderbordet (2,2-2,3) än på de andra platserna (2,9-3,1).

Generellt var djupströbäddarna dock mycket rena vilket också avspeglar sig på djurens renhet. Djurens renhet poängsattes en gång varannan vecka (från 1 = mycket smutsigt till 4 = helt rent). Detta gjordes i samband med ströbäddsregistreringarna och angavs som ett medeltal för varje grupp. I allmänhet var djuren inte särskilt smutsiga utom kanske lite på mage och ben, samt även över nacken vilket berodde på foderbordets utformning. Det var ingen skillnad mellan strötyperna. Medelvärdet för djurens renhet var 2,8 under stallperiod 1 och 3,0 för stallperiod 2. Samtidigt noterades om det fastnade mycket strö i ullen. Detta var dock aldrig något problem eftersom ströstråna var relativt långa och ullen var tät.

Djurens beteende vid ströning

Varannan eller var tredje vecka gjordes observationer av djurens beteende i samband med att nytt strö tillfördes. Dessa observationer gjordes inom de första minuterna efter ströning. Observationerna utfördes för att se om tackorna åt av strömedlet (hade nosen nere i strömedlet) samt om de hostade eller på annat sätt verkade vara besvärade av damm.

Djuren åt mer av strömedlet om det var halm än om det var rörflen. Under stallperiod 1 var det en statistiskt säker skillnad i hur många som åt av ströet, 5 av tackorna på halmbäddarna och 4 av tackorna på rörfbensbäddarna. Skillnaden var tydligast i början av studien, men jämnade ut sig något vartefter. Några djur som besvärades av damm upptäcktes inte.

Även under stallperiod 2 var det en statistiskt säker skillnad i hur många som vid varje tillfälle åt av ströet, vilket var 4 av tackorna på halmbäddarna och 3 av tackorna på rörfbensbäddarna ($P=0,001$). Det var inte många djur som hostade i samband med ströning, men det blev ändå en statistiskt säker skillnad mellan strötyperna med en frekvens på 0,36 hostande djur i rörfbensboxarna och 0,02 i halmboxarna ($P=0,002$). Hostan var dock inte långvarig.

Luftmiljö i stallet

Under stallperiod 1 bestämdes luftens halt av totaldamm gravimetriskt med luftpumpar (SKC) och 37 mm milliporefilter som hängdes upp 1,8 m över en box av varje strötyp. Luftflödet genom dammfiltren var 2,0 l per minut. Mätningen gjordes samtidigt i box 1 (halm) och box 2 (rörfben) (se figur 1). Under fyra dygn gick pumparna slumpmässigt så att provtagningstiden fördelades över tiden. Detta gjordes i tre omgångar under senare delen av stallperioden. Dammfiltren sändes därefter till Arbets- och miljömedicin vid Lunds universitet för vägning.

Resultaten visar att det i medeltal var 0,11 mg totaldamm per m³ i stallet och att det inte var någon skillnad mellan ströbäddarna. Mätningarna ger emellertid ett medelvärde och visar inte hur höga dammhalterna var just under ströning. Enligt djurskyddsföreskrifterna (SJVFS 2010:15) får halten organiskt damm i djurstallar endast tillfälligt överskrida 10 mg totaldamm per m³. Dammhalten i försöksstallet var alltså låg och kan jämföras med stallar för nötkreatur där halten totaldamm är <0,30 mg/m³ (Jeppsson m.fl., 2006). Ströning i stallar kan tillfälligt innebära höga dammhalter i stalluften, speciellt om ströet blåses in i boxarna (Holmström, 2014).

Under stallperiod 2 studerades i stället mängden damm i samband med ströning, eftersom det bara var då som dammet ansågs utgöra något problem. Dammet mättes genom att vid åtta tillfällen väga de andningsskydd (en för varje strötyp) som användes i samband med ströarbetet, före användning och efter att de använts. Den totala användningstiden hade då varit ca 1 ½ timme för varje strötyp. Observera att detta inte är någon vedertagen metod för att mäta damm utan genomfördes för att ge en indikation på en eventuell skillnad mellan strömedlen. En omräkning av andningsskyddens viktökning visade att mängden damm som filterades bort var 0,41 mg/minut vid hantering och ströning med halm och 0,62 mg/minut med rörfben.

Vid fyra tillfällen under varje stallperiod mättes stallluftens innehåll av NH₃ och CO₂ med reagensrör (Kitagawa 105SD respektive 126SC). Mätningarna gjordes i mitten av boxarna på ca 0,2 m höjd över ströbäddsytan i en box av varje strötyp vid varje tillfälle. De boxar som valdes var inte placerade vid yttervägg (figur 1). Det var ingen skillnad i gaskoncentration mellan halm-

och röflensbäddarna. I medeltal var koncentrationen av NH_3 2,4 ppm och CO_2 637 ppm under stallperiod 1 samt 1,6 ppm respektive 565 ppm under stallperiod 2. Det är klart under värdena som djurskyddsföreskrifterna anger som gräns vilka är 10 ppm NH_3 respektive 3000 ppm CO_2 (SJVFS 2010:15). Den låga koncentrationen av CO_2 tyder på att försöksstallet var väl ventilerat. Normal halt av CO_2 i utomhusluft är 360-400 ppm.

Provtagning av djupströbäddarna efter stallperioderna

Efter stallperiod 1 togs prover av djupströgödseln i samband med utgödslingen som gjordes tio dagar efter att djuren flyttats från boxarna. Proverna var både slutprover för växtnäringsförsöket under stallperioden och startprover för växtnäringsförsöket under mellanlagringen. Två samlingsprover togs från varje box, först prov A och sedan prov B, successivt vartefter boxen kördes ut. Proven togs för hand och lades i en balja per prov där de blandades. Ett representativt prov togs från varje balja och dessutom togs ett reservprov med ca hälften från A och hälften från B. Proven lades i dubbla frysplastpåsar och i frys samma dag.

När stallperiod 2 var avslutad togs prover av djupströbäddarna tre dagar efter att djuren åkt hem. Proverna var både slutprov på djupströbäddarna efter stallperioden och startprov för mellanlagringen i stallet. Provtagningen gjordes med trädgårdsspade, kniv och liten trädgårdsgrep. Det togs två samlingsprov per box, ett från den främre (A) och ett från den bakre delen (B) av boxen. För varje samlingsprov gjordes 3 spadhål (figur 9). Inga hål var närmare boxkanten än 0,4 m. Materialet till varje samlingsprov lades i en balja och blandades väl innan uttagning av en representativ mindre del. Dessutom togs ett reservprov med ca hälften från A och hälften från B. Resterande material lades tillbaka i hålen i ströbädden. Hålen "förslöts" genom att trampa till, så att inte mer syre än nödvändigt kom ner i bädden. Proven lades i dubbla frysplastpåsar och i frys samma dag.



Figur 9. Djupströbädd under provtagning efter stallperiod 2.

Kemisk sammansättning hos djupströgödsel från stallet

Stallperiod 1

I tabell 9 visas analysresultaten som ett medelvärde av tre boxar med två samlingsprov från varje box. I två fall var det stor skillnad mellan de två samlingsproverna och reservproven analyserades och användes istället. Avvikelserna gällde framförallt P och K.

Ts-halten i samlingsproven från djupströbeddarna var mellan 45-52% vilket är en lämplig nivå för komposteringsprocessen. C/N-kvoten var omkring 20 vilket är något lågt och kan medföra större förluster av ammoniak. Skillnaden mellan djupströgödseln med de olika strömedlen är liten förutom för kalium där gödseln med rörfen har betydligt lägre värden vilket beror på att rörfen har lägre innehåll av kalium än kornhalm.

Stallperiod 2

Analysresultaten från prover tagna direkt efter stallperiod 2 visas i tabell 9. Djupströbeddarna har något lägre ts-halt men samma C/N-kvot som gödseln efter stallperiod 1. Innehållet av kalium är även här lägre för djupströgödseln med rörfen. Djupströgödseln från halmbeddarna hade signifikant högre värden för $\text{NH}_4\text{-N}$, P och Mg jämfört med stallperiod 1.

Tabell 9. Analysresultat för växtnäring i djupströgödseln efter stallperiod 1 och 2. Medelvärde samt min- och maxvärden av två samlingsprov per box

	pH	ts	aska	C/N-kvot	Tot-N	NH ₄ -N	Tot-P	K	Ca	Mg	Na	S
		%	%		g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts
<i>Stallperiod 1^{a)}</i>												
Halm	9,1 (9,0-9,2)	52,2 (43,9-57,7)	6,7 (5,3-8,3)	19,8 (17,0-22,0)	22,0 (20,1-25,3)	4,8 (2,9-6,3)	2,9 (2,4-3,7)	35,8 (30,7-43,4)	8,7 (6,9-11,2)	2,6 (2,0-3,7)	2,4 (1,6-3,1)	2,8 (2,2-3,2)
Rörflen	9,0 (8,8-9,3)	51,8 (45,8-63,3)	5,6 (3,8-7,9)	19,7 (15,0-23,0)	23,4 (19,6-28,5)	5,4 (4,8-6,0)	3,2 (2,4-4,1)	24,7 (17,4-32,8)	7,0 (5,4-11,5)	2,9 (2,0-4,1)	2,1 (1,2-3,1)	2,6 (1,9-3,3)
<i>Stallperiod 2^{b)}</i>												
Halm	- -	45,8 (36,8-59,2)	5,5 (4,4-6,6)	18,0 (16,0-22,0)	24,6 (19,9-26,9)	6,8 (5,1-9,0)	4,9 (3,9-5,9)	35,1 (32,0-38,0)	- -	3,8 (3,0-4,6)	3,3 (3,0-3,7)	1,4 (2,8-3,5)
Rörflen	- -	49,8 (41,1-58,8)	4,9 (4,0-6,1)	21,5 (18,0-26,0)	21,3 (18,0-25,1)	6,2 (4,1-7,9)	4,3 (2,4-6,1)	26,1 (20,5-30,8)	- -	3,4 (2,4-4,2)	2,7 (2,3-3,1)	1,3 (1,1-1,6)

^{a)} Samlingsprov tagna vid utgödsling av boxarna. Dessa användes till växtnärbalanserna.

^{b)} Samlingsprov tagna i boxarna före lagring av djupströgödseln i stallet

Tabell 10. Analysresultat på växtnäring i djupströgödseln efter lagringsperiod i stall, stallperiod 2. Medelvärde samt min- och maxvärden från två samlingsprov per box tagna vid utgödsling av boxarna. Dessa användes till växtnärbalanserna.

	pH	ts	aska	C/N-kvot	Tot-N	NH ₄ -N	Tot-P	K	Ca	Mg	Na	S
		%	%		g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts
Halm	- -	41,8 (26,4-50,2)	6,5 (4,6-8,4)	15,8 (13,0-19,5)	28,1 (22,9-33,3)	7,5 (6,0-10,0)	5,4 (4,4-6,0)	48,1 (16,0-22,5)	- -	4,8 (4,1-5,3)	4,5 (3,5-5,2)	4,0 (3,3-4,7)
Rörflen	- -	49,9 (43,6-53,3)	5,4 (4,1-7,1)	20,2 (16,0-23,5)	22,7 (19,8-26,8)	5,0 (3,8-6,1)	4,2 (2,9-5,2)	30,1 (26,7-36,6)	- -	3,8 (2,6-5,0)	2,9 (2,5-3,4)	3,0 (2,4-3,8)

Mellanlagring i stall efter stallperiod 2

Efter stallperiod 2 låg djupströbäddarna kvar i stallet fram till utkörning den 16 augusti.

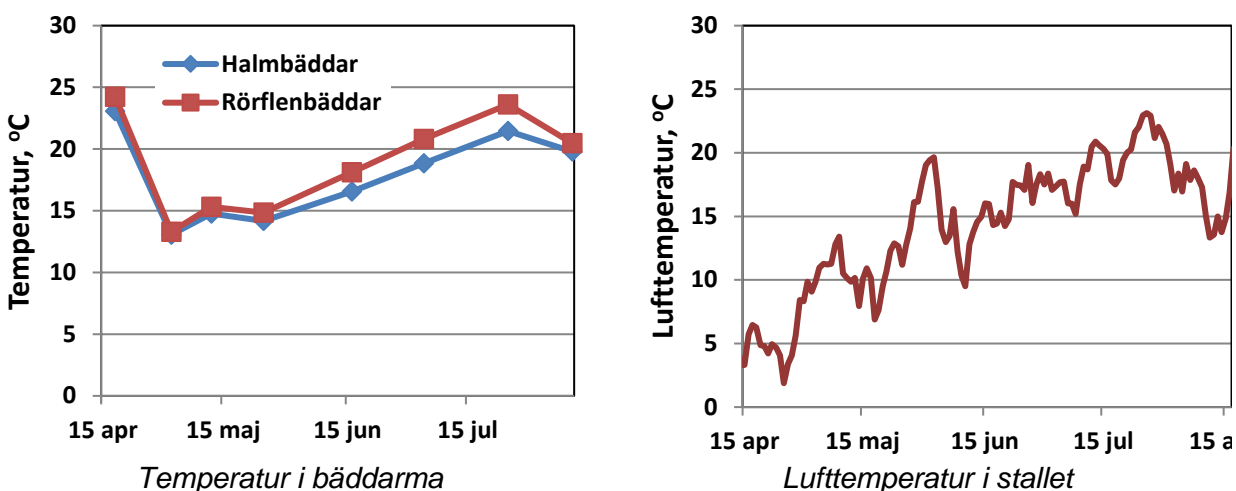
Analyser av djupströgödsel

Efter lagringsperioden togs två samlingsprov per box när djupströbäddarna gödslades ut. Proven togs för hand och med trädgårdsspade. Det togs två samlingsprov per box (A och B). Djupströgödseln till varje samlingsprov lades i en balja och blandades väl innan uttagning av en representativ mindre del. Dessutom togs ett reservprov med ca hälften från A och hälften från B. Proven lades i dubbla frysplastpåsar och lades i frys samma dag. Djupströproverna analyserades av Eurofins (analyser se bilaga 2). Medelvärden av samlingsproverna efter mellanlagringen användes vid beräkning av växtnäringsbalanserna. I tabell 10 visas analysresultaten efter lagringsperioden. Det var inga signifikanta skillnader i den kemiska sammansättningen jämfört med provtagningen direkt efter stallperiod 2. Även här var det bara kaliumhalten som var signifikant högre i halmbäddarna än i rörlensbäddarna.

För praktisk användning är innehållet per ton gödsel intressant. Ett ton gödsel innehöll i genomsnitt för de två provtagningarna före och efter mellanlagring inomhus 11,2 kg totalkväve, 3,0 kg ammoniumkväve, 2,2 kg fosfor och 14 kg kalium.

Temperaturen i djupströbäddarna

Under mellanlagringen mättes temperaturen i bäddarna vid åtta tillfällen. Temperaturen sjönk under de första 14 dagarna för att sedan öka med lufttemperaturen i stallet. Förmodligen avstannar komposteringen eftersom det inte tillkommer ny gödsel och strömedel. Temperaturen i rörlensbäddarna var signifikant högre än i halmbäddarna ($p=0,002$). Figur 10 visar medeltemperaturen i bäddarna och lufttemperaturen i stallet under lagringsperioden. Luftfuktigheten i stallet varierade mellan 50-90 % relativ fuktighet.



Figur 10. Medeltemperatur i halm- och rörlensbäddarna under mellanlagring i stall efter stallperiod 2 samt lufttemperatur i stallet.

Ströbäddens tjocklek

Efter stallperiod 2 gjordes mätningar av ströbäddens tjocklek strax efter att fåren flyttats från djupströbäddarna (18 april). I slutet av lagringsperioden gjordes nya mätningar (15 augusti).

Under denna tid hade ströbäddarna sjunkit ihop något, knappt 0,02 m i medeltal. Mätningarna gjordes på ungefär samma punkter men inte exakt. Att bäddarna sjönk ihop tyder på att där pågick viss nedbrytning.

Mellanlagring i gödselhögar efter stallperiod 1

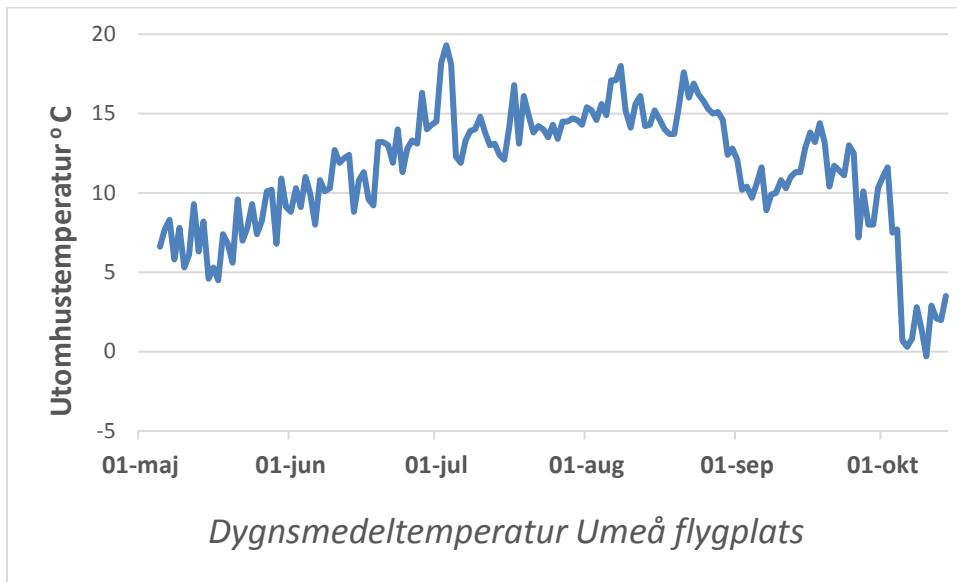
Efter stallperiod 1 kördes all djupströgödsel ut med bobcat tio dagar efter att fåren lämnat stallet. Djupströgödseln från en box i taget samlades på ett vagnsflak som vägdes på en fordonsvåg med noggrannheten 20 kg. Därefter tippades gödseln på en rensopad hårdgjord yta utanför försöksstallet. Djupströgödseln från de tre boxarna med samma strömedel tippades i samma hög. Materialet lastades sedan upp på vagnen en gång till för att på detta sätt blandas så väl som möjligt.



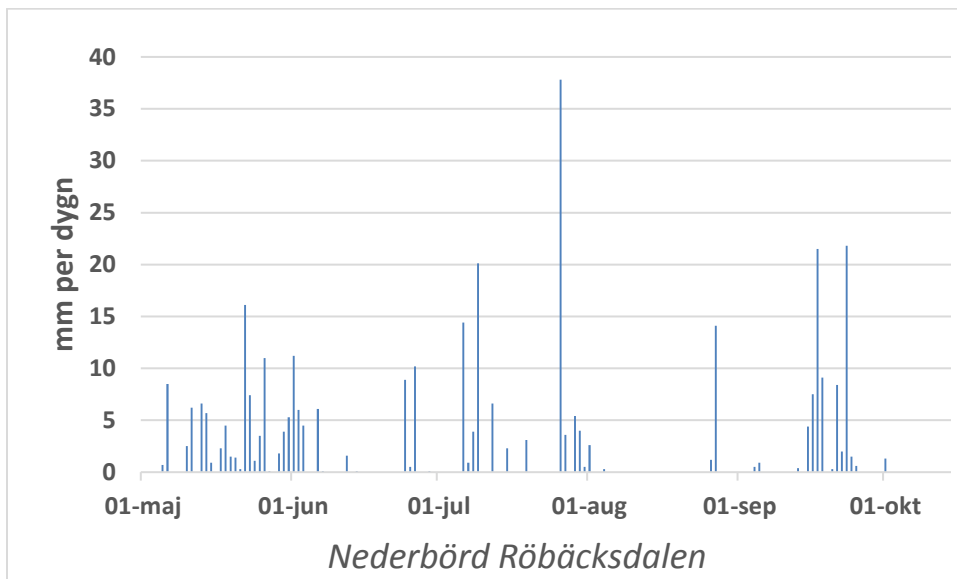
Figur 11. Mellanlagring av gödselhögar efter stallperiod 1.

All gödsel från respektive strömedel lades sedan på en presenning placerad på en grovplanerad yta utomhus (figur 11). Ambitionen var att ytan skulle luta mot en plats dit avrinningsvatten kunde rinna ned i en hink. Eftersom det var svårt att planera hela ytan gjordes även en lutning in mot ett tvärgående "dike". Presenningsyta utanför högarna minimerades så mycket som möjligt.

Lufttemperatur (figur 12) och nederbörds mängd (figur 13) under lagringsperioden hämtades från lokala väderstationer (SMHI, 2018). Det var en regnigare sommar och höst än normalt med totalt 341 mm nederbörds mängd under lagringsperioden. Sensommaren var dock torrare än normalt. Detta gjorde att för hela lagringsperioden var nederbörden bara var något högre än normalvärdet (1961-1990) för maj-halva oktober vilket är 320 mm för Umeå (SMHI, 2018).



Figur 12. Utomhustemperatur under lagringsperioden i hög efter stallperiod 1.



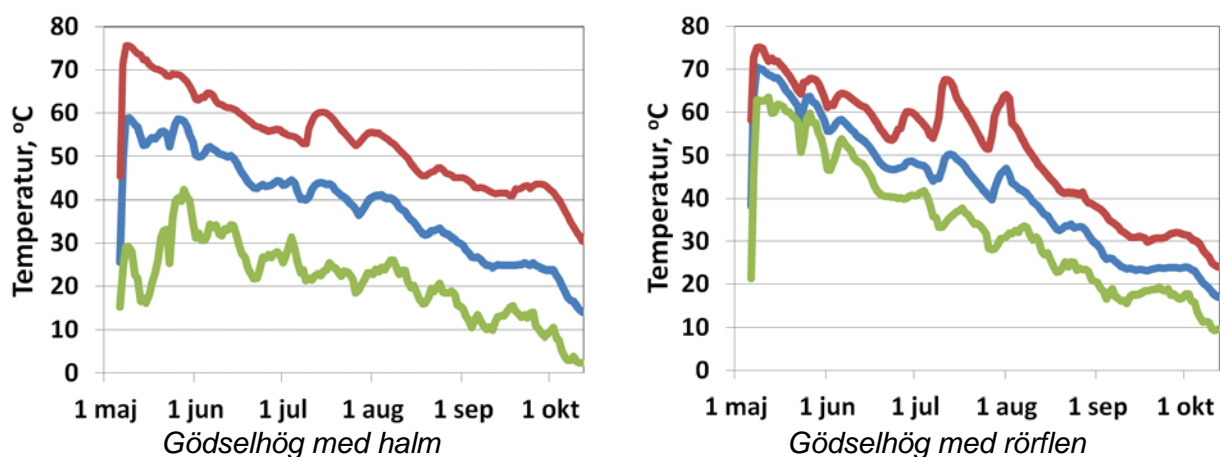
Figur 13. Nederbörd under lagringsperioden i hög efter stallperiod 1.

Temperatur i gödselhögarna

Temperaturen i högarna registrerades med hjälp av små dataloggrar (TinyTag Plus 2, Gemini data loggers) som mätte kontinuerligt var 60 minut under lagringen. Dataloggrarna lades i fryspåsar, vilka förslöts med tejp. I samband med att högarna lades upp placerades loggrarna på ca 1 m höjd; i norr, sydost respektive sydvästläge. I varje läge lades en logger ca 0,5 m från stackens mitt och en ca 0,3 m från ytan på stacken. Ett plastband som nådde utanför ytan fästes vid varje påse med datalogger, så att det skulle gå att hitta dem i samband med att lagringen avslutades.

Direkt efter att djupströgödseln lagts upp i högar steg maxtemperaturen till ca 70-75°C i båda högarna (figur 14). Därefter sjönk temperaturen succesivt under mellanlagringen. Det var stor variation mellan de olika mätpunkterna för temperatur i gödselhögarna (figur 14). I början av lagringsperioden var det upp mot ca 50°C skillnad mellan max- och min-temperatur i halmhögen och det var i mitten av högen som det var hög omsättning. Mot slutet av lagringsperioden var skillnaden mellan min- och maxtemperatur ca 20-30°C. Skillnaden mellan max- och mintemperatur var betydligt mindre i rörlenshögen vilket kan bero på loggrarnas placering. När gödselhögarna bröts upptäcktes att ett par dataloggrar hade hamnat nära ytskiktet av högarna och de är därför inte med i redovisningen.

Temperaturen mitt i högarna överensstämmer med hur temperaturen utvecklas vid kompostering av gödsel (Kirchmann, 1986; Sommer & Møller, 2000). Värmen som bildas gör att temperaturen snabbt ökar till strax över 70°C och därefter avtar temperaturen. Den något högre temperaturen i högen från halmboxarna kan eventuellt tyda på att det här var något högre omsättning, men eftersom vi inte hade flera högar med varje strömedel, kan vi bara dra slutsatsen att strömedlen fungerade ungefär på samma sätt även vid kompostering i hög.



Figur 14. Max- medel- och mintemperatur under lagringsperioden i gödselhögar med djupströgödsel med halm respektive rörlfen som strömedel. Resultat från 5 dataloggrar i respektive gödselhög.

Gödelsprover och gödselmängder

Prov togs av varje gödselhög samma dag som de lades upp, den 5 maj och därefter den 9 juni och 30 september. Proverna samlades på ungefär 25, 50 respektive 75 % av höjden på gödselhögarna och togs för hand med hjälp av en trädgårdsspade, från ytan och så långt in som armen nådde. På varje nivå togs tre prover från olika håll som slogs ihop till ett samlingsprov. De tre delproven lades i varsin balja och blandades om. Ett representativt prov togs från varje balja och lades i en frysplastpåse. Dessutom togs ett reservprov för varje hög och nivå.

För att få representativa slutprov från lagringsförsöket togs även två samlingsprov (A och B) från varje hög i samband med att högarna bröts den 14 oktober. Proven togs med spade successivt medan högarna kördes ut. Materialet för varje prov lades i en balja, blandades och ett representativt prov togs och lades i en frysplastpåse. Dessutom togs ett reservprov med ca hälften från A och hälften från B. När gödselhögarna bröts lastades djupströgödseln på ett vagnsflak och vägdes på fordonsvågen. Invägnings- och slutvikterna visas i tabell 11. Det var högre totalvikt vid brytningen av högarna, men p.g.a. den lägre ts-halten efter lagringen (nederbördsrik sommar) så uppmättes en förlust i kg ts på ca hälften av den inlagrade mängden.

Tabell 11. Vikt på högarna före och efter lagring, kg.

Strömedel	Totalvikt, kg		Ts-halt, %		Ts-vikt, kg ts		Skillnad, kg ts
	IN	UT	IN	UT	IN	UT	
Halm	5745	6020	47,4	21,7	2721	1306	1415
Rörflen	5886	6140	50,6	26,2	2976	1596	1380

I den totala ströbäddsvikten före lagring ingår strömedel, träck, urin samt eventuella foderrester. Kondensvatten och eventuellt regnvatten eller snö som kommit in i stallet i samband med kraftigt vind kan bidra med mindre mängder. Det hände också att djuren puttade omkull sina vattenhinkar. Det var dock inte ofta, och i huvudsak var hinkarna då tomma. Det fanns inget synligt läckage från ströbäddarna ut i gången, så inget vatten försvann den vägen.

Kemisk sammansättning av djupströgödsel från gödselhögarna

I tabell 12 visas medelvärden på analysresultaten vid de olika provtagningarna. I medelvärdena före lagring ingår även de samlingsprover som togs när boxarna gödslades ut. De provtagningar som användes vid beräkning av växtnäringsbalanserna anges i fotnoten.

Innehållet i djupströgödseln förändrades under lagringen i hög. Ts-halt och askhalt sjönk eftersom mellanlagringen skedde under en regnig sommar. Även C/N-kvoten minskade under lagringen. Kol omsätts till energi av mikroorganismerna och avges som CO₂. Förluster av kväve sker till luft framförallt som NH₃ samt utlakas som NH₄-N och nitrat. Alla näringsämnen ökade under lagringen uttryckt i mängd per kg ts (Tabell 12) eftersom djupströgödseln omsätts och därmed minskar mängden ts. Mängden NH₄-N per kg ts var däremot lägre efter lagring vilket

tyder på en förlust av kväve. Djupströgödseln med rörfen hade lägre innehåll av kalium vilket är en avspegling av det lägre innehållet i rörfen jämfört med halm.

För praktisk användning är innehållet per ton gödsel intressant. Ett ton gödsel innehöll i medeltal för de två provtagningarna i slutet av lagringen ute 7,0 kg totalkväve, 0,8 kg ammoniumkväve, 1,6 kg fosfor och 12 kg kalium.

Avrinningsvatten

Prov av avrinningsvattnet från varje gödselhög togs vid tio tillfällen varav 6 prover analyserades. Volymen i hinken mättes och prov togs ut efter omrörning. Provtagningsburken "sköljdes" igenom med vattnet tre gånger innan själva provet togs. Proven samlades i plastburkar med skruvlock och lades i frys samma dag som de samlats. Hinkarna tömdes oftast en gång per vecka och mängden avrinningsvatten mättes. Sommaren var regnig vilket medförde att hinkarnas volym inte räckte till. De var nästan alltid fulla vilket innebar att stora mängder troligen rann utanför. Uppgifter på den totala mängden avrinningsvatten saknas därför.

Mängden total-N och $\text{NH}_4\text{-N}$ var högre de tre första veckorna av lagringsperioden men minskade därefter och var konstant de två sista månaderna. Innehållet av P ökade under lagringsperioden medan innehållet av K var ganska konstant. Tabell 13 visar medelvärdet av analysresultaten för avrinningsvatten från gödselhögarna med halm respektive rörfen.

Tabell 12 Medelvärden samt min- och maxvärden på växtnäringssinnehåll i djupströgödseln vid start av lagringsperiod i gödselhögar efter stallperiod 1, efter 1 månads lagring, efter 4,8 månader samt efter lagringsperiodens slut (drygt 5 månader).

	pH	ts	aska	C/N-kvot	Tot-N	NH ₄ -N	Tot-P	K	Ca	Mg	Na	S
		%	%		g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts
<i>Djupströgödsel med halm som strömedel</i>												
Start av lagring ^{a)}	9,25 (9,2-9,3)	42,5 (38,9-48,7)	5,9 (5,4-6,8)	16,3 (16,0-17,0)	26,5 (25,3-27,1)	7,7 (6,0-9,8)	5,0 (3,3-6,2)	33,5 (26,7-41,1)	9,9 (8,0-11,8)	3,7 (2,3-4,6)	3,0 (2,3-3,3)	3,5 (2,9-4,1)
1 mån lagring ^{b)}	9,0 (8,9-9,0)	32,8 (25,2-46,5)	4,8 (3,7-6,4)	15,7 (14,0-18,0)	27,6 (24,1-30,3)	4,2 (3,7-4,5)	4,4 (4,1-5,2)	41,4 (33,6-47,6)	11,6 (10,8-12,3)	3,6 (3,2-3,9)	3,4 (2,8-3,7)	3,6 (3,1-4,0)
4,8 mån lagring ^{c)}	9,0 (8,9-9,2)	24,1 (20,6-26,6)	5,5 (4,1-6,5)	12,0 (9,7-14,0)	33,0 (29,9-40,0)	3,1 (2,4-4,6)	7,1 (5,8-8,1)	56,7 (53,4-60,7)	17,2 (15,5-24,6)	6,0 (4,9-7,7)	4,5 (4,4-4,7)	5,0 (4,4-5,7)
Slut av lagring ^{d)}	9,1 (9,0-9,1)	18,7 (18,2-19,5)	4,3 (4,1-4,6)	13,7 (13-15)	29,1 (26,4-30,8)	3,6 (3,1-4,4)	6,6 (6,0-7,1)	45,5 (44,1-47,3)	19,6 (18,5-20,7)	5,6 (5,3-6,2)	3,8 (3,7-4,0)	5,5 (5,4-5,6)
<i>Djupströgödsel med rörflen som strömedel</i>												
Start av lagring ^{a)}	9,25 (9,2-9,3)	49,4 (45,2-54,1)	5,6 (5,1-6,9)	22,7 (21,0-26,0)	19,6 (17,3-21,3)	4,6 (3,9-5,7)	3,3 (2,7-4,1)	21,2 (18,8-22,5)	6,8 (6,0-7,6)	2,9 (2,2-3,5)	1,9 (1,2-3,1)	2,3 (1,9-2,7)
1 mån lagring ^{b)}	8,8 (8,7-8,8)	38,4 (35,0-43,6)	5,1 (4,8-7,9)	16,3 (14,0-18,0)	26,5 (24,5-29,4)	3,1 (2,8-6,0)	3,8 (3,0-4,1)	31,2 (21,1-38,4)	9,6 (6,9-13,4)	3,6 (2,5-4,6)	2,7 (1,8-3,4)	2,9 (2,1-3,4)
4,8 mån lagring ^{c)}	8,9 (8,8-9,0)	29,8 (21,5-43,4)	5,4 (4,1-6,4)	13,9 (9,7-19,0)	31,2 (23,0-39,9)	3,5 (2,8-4,5)	6,6 (6,0-7,0)	30,4 (29,3-32,0)	19,8 (15,3-23,0)	7,0 (5,6-9,0)	2,8 (2,6-3,2)	4,2 (4,0-4,5)
Slut av lagring ^{d)}	9,0 (9,0-9,0)	22,6 (19,5-25,4)	4,5 (4,3-4,7)	12,1 (9,2-14)	33,9 (29,3-42,2)	3,9 (3,1-4,7)	6,0 (5,5-6,7)	34,2 (32,8-35,8)	16,2 (13,0-19,5)	5,3 (5,1-5,6)	3,2 (2,8-3,4)	4,2 (3,9-4,4)

^{a)} Medelvärden samt min- och maxvärden av 3 analyser från gödselhögarna vid start av lagring.

^{b)} Medelvärden samt min- och maxvärden av 3 analyser från gödselhögarna efter 1 månads lagring.

^{c)} Medelvärden samt min- och maxvärden av 3 analyser från gödselhögarna 2 v. före avslut av lagring

^{d)} Medelvärden samt min- och maxvärden av 3 analyser vid brytning av gödselhögarna. Dessa användes till växtnäringssinnehållerna.

Tabell 13. Analysresultat på växtnäring i avrinningsvattnet från gödselhögar efter stallperiod 1. Medelvärden samt min- och maxvärden från 6 provtagningstillfällen under mellanlagringen

	ts	Tot-N	NH4-N	Tot-P	K	Ca	Mg	Na	S
	%	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts
Gödselhög halm	2,8 (0,8-3,8)	38,1 (24,3-63,3)	23,0 (10,5-50,0)	5,4 (4,6-6,6)	215,8 (181,3-250,0)	5,6 (3,8-6,8)	3,8 (2,5-5,3)	17,8 (15,0-21,3)	8,5 (6,8-11,3)
Gödselhög rörflen	1,9 (0,8-2,6)	42,6 (25,2-43,8)	28,7 (15,4-26,5)	6,7 (3,8-10,0)	200,3 (162,5-212,5)	7,5 (3,8-8,9)	5,4 (2,5-8,4)	18,0 (12,5-19,6)	7,8 (6,2-8,1)

Beräkning av växtnäringsbalanser

Växtnäringsbalans för stallperiod 1

Växtnäringsbalanser för kväve, fosfor och kalium beräknades per strömedel för båda stallperioderna. Växtnäringsinnehållet i de olika posterna räknades först ut per box (Tabell 14). Näringsinnehållet i djurroppar har använts för tillväxten hos lamm. Uppgifterna har hämtats från litteraturen: Enligt Wishmeyer m.fl (1996) är vattenhalten i helkroppar av lamm 56,8 % och proteinhalten 15,9 %. För fosforhalten hittade vi ingen specifik siffra för lamm, men för nötkreatur och får används 0,74 % P i en mall för växtnäringsbalanser (KRAV 2014). För kalium kunde vi inte hitta värden för hela djur och vi fick nöja oss med en siffra för lammkött (0,21 % K, Damgaard Poulsen och Friis Kristensen, 1997). In- och ut-värdena för varje strömedel är beräknade per box så att vikt och analysvärden är specifika för varje box. Särskilt mängden näringsämne för de olika boxarna varierade mycket eftersom det var stor variation mellan analysvärden i olika prover av djupströgödsel.

Tabell 14. Växtnäringsbalanser för stallperiod 1 och efterföljande mellanlagring i hög. Medelvärde ± standardavvikelse för tre boxar per strömedel.

		Ts	N	P	K
		kg per djur			
Halm					
In	Foder-rester	218±14	3,87±0,23	0,56±0,03	3,36±0,20
	strömedel	65,6±1,6	0,56±0,01	0,063±0,02	1,25±0,03
Ut	Djupströbädd	167±29	3,69±0,64	0,48±0,05	6,04±1,72
	Tillväxt lamm	2,75±0,14	0,16±0,01	0,05±0,002	0,01±0,001
Balans In-Ut stall		113	0,58	0,09	-1,45
Förlust i stall		40 %	13 %	15 %	-31 %
Ut hög		63	1,82	0,41	2,84
Balans In-Ut hög		105	1.87	0.07	3.20
Förlust i hög		63 %	51 %	15 %	53 %
Förlust totalt		77 %	55 %	26 %	38 %
Rörflen					
In	Foder- rester	220±12	3,95±0,21	0,57±0,02	3,43±0,18
	strömedel	74±1,4	0,46±0,01	0,051±0,001	0,134±0,002
Ut	Djupströbädd	170±21	3,96±0,88	0,55±0,07	4,13±0,52
	Tillväxt lamm	2,95±0,19	0,17±0,01	0,05±0,003	0,01±0,001
Balans In-Ut stall		124	0,27	0,02	-0,57
Förlust i stall		42 %	6,2 %	4,2 %	-16 %
Ut hög		77	2,57	0,45	2,64
Balans In-Ut hög		92	1,40	0,09	1,49
Förlust i hög		55 %	35 %	17 %	36 %
Förlust totalt		73 %	38 %	19 %	26 %

Balans In-Ut stall för ts och N visar hur stora torrsubstans- och kväveförlusterna är under stallperioden. För fosfor och kalium är skillnader mellan mängden in och mängden ut från boxarna ett mått på noggrannheten i växtnäringsbalanserna då det inte borde vara några förluster av dessa näringsämnen inomhus. Att förlusterna ändå varierar från -31 % till 4,2 % visar på svårigheten att ta representativa prover. Balans In-Ut hög visar hur stora torrsubstans- och kväveförlusterna är under lagringsperioden utomhus. För fosfor gäller även här att det kan vara ett mått på precisionen i mätningarna eftersom huvudparten av P är bundet till det fasta materialet och inte borde utlakas. Kalium däremot är mycket lösligt och de mycket höga K-halterna i avrinningsvattnet visar att det troligen skett en signifikant utlakning, så de stora kaliumförlusterna som balanserna i högarna visar är troligen reella.

Växtnäringsbalans för stallperiod 2

Eftersom djupströbäddarna låg kvar och mellanlagrades i stallen efter stallperiod 2 finns inte värden på gödselmängderna i boxarna vid betesläpp. Växtnäringsbalansen har därför beräknats för hela stallperioden inklusive lagring i stallen under sommaren (tabell 15). Eftersom bara vuxna tackor användes detta år och dessa i medeltal inte förändrade sin vikt nämnvärt under stallperioden antas tackorna ha samma näringsinnehåll då de kom till stallen som när de lämnade stallen.

Tabell 15. Växtnäringsbalans för stallperiod 2 och efterföljande mellanlagring i stall. Medelvärden ± standardavvikelse för tre boxar per strömedel. Två prover av djupströgödseln analyserades från varje box.

		TS	N	P	K
		kg per djur			
Halm					
In	Foder- rester	238±17	3,61±0,24	0,55±0,03	4,04±0,29
	strömedel	59±4	0,55±0,03	0,071±0,003	0,95±0,06
Ut	Djupströbädd	137±45	3,70±0,97	0,73±0,26	6,26±1,22
Balans In-Ut stall		161	0,46	-0,11	-1,28
Förlust som andel av In		54 %	11 %	-17 %	-26 %
Rörflen					
In	Foder- rester	247± 17	3,74±0,23	0,57±0,04	4,20±0,29
	strömedel	70±4	0,38±0,2	0,043±0,002	0,091±0,005
Ut	Djupströbädd	161±2	3,63±0,63	0,69±0,19	4,80±1,0
Balans In-Ut stall		156	0,49	-0,07	-0,52
Förlust som andel av In		49 %	12 %	-12 %	-12 %

Ökningen av mängden P och K kan tyckas anmärkningsvärd. Den är dock mindre än eller lika med standardavvikelsen för innehållet av P och K i djupströbäddarna. Den stora standardavvikelsen och den positiva balansen kan båda förklaras med att det var svårt att ta

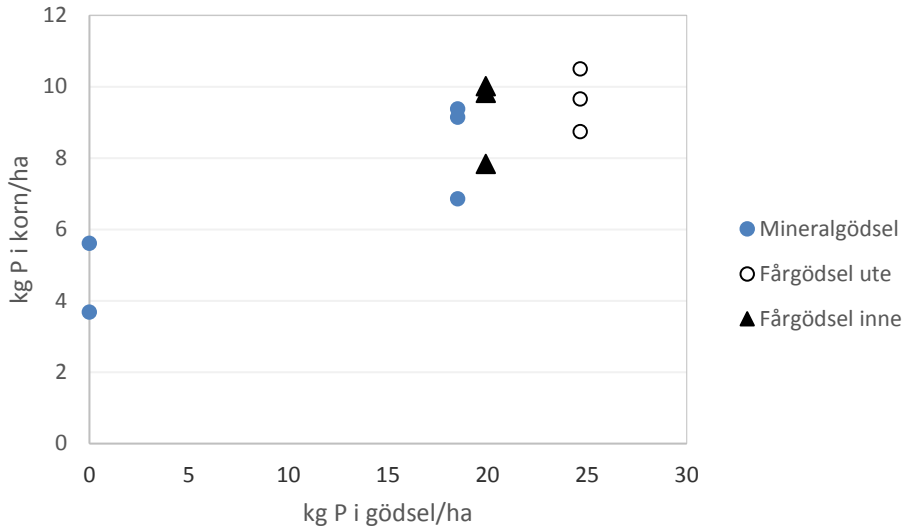
representativa prov från bäddarna på grund av det inhomogena materialet både avseende halten av strömedel, graden av nedbrytning och vattenhalten. Variationen var större detta år än det föregående. För N visar balansen en liten förlust som dock är mindre än standardavvikelsen för innehållet av N i djupströvbäddarna. Innehållet av torrs substans har dock minskat signifikant. En stor del av detta är naturligtvis omsättningen i djuren, men de förhöjda temperaturerna i djupströvbäddarna jämfört med lufttemperaturen i stallen visar att det skett en nedbrytning av strömedel och gödsel i bäddarna, främst så länge djuren var kvar.

Kväveförlusterna i stallen är lägre under båda stallperioderna och under mellanlagringen på stall än de felmarginaler som förändringarna i P-mängd och K-mängd indikerar. Däremot vid lagringen i hög utomhus ökar förlusterna av kväve mångfaldigt jämfört med lagring inomhus. Även vid slutprovtagningen i högar var det svårt att få representativa prov. Den provtagningsserie som gjordes under lagringen i hög där tre prover togs vid tre tillfällen i varje hög (Tabell 12) bekräftar dock att ammoniumhalterna minskade över tid och därmed att påtagliga kväveförluster sker utomhus.

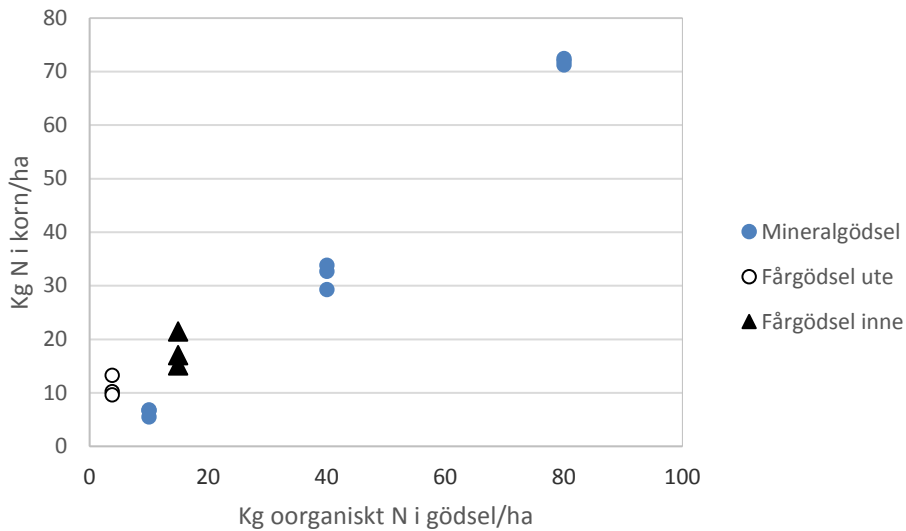
Växthusstudie

Korn odlades i växthus under 93 dagar mars-juni 2017. Två olika substrat användes. Det ena var mulljord från ett fält med låg tillgänglighet på fosfor. Det andra var en 50/50 volymprocent blandning av sand och vermikulit. Tre reservprover av fårgödsel från de två sista slutprovtagningarna av högen med kornhalm och tre reservprover från halmboxarna efter mellanlagring i stall slogs ihop till ett prov för lagring ute (Fårgödsel ute) respektive ett prov för lagring inne (Fårgödsel inne). Förutom fårgödsel som tillfördes i en mängd motsvarande ca 120 kg N/ha fanns också behandlingar utan gödsling och med gödselmängder av oorganiskt kväve och fosfor. Korn och strå från varje kruka analyserades på totalt innehåll av kväve och fosfor hos ALS Global. Gödseln analyserades på innehåll av både totalt och vattenlösligt P och ammonium-N, nitrat-N och total-N.

Mulljorden användes för att bestämma tillgängligheten hos fosfor i gödselmedlen. Fårgödseln hade ungefär samma fosfortillgänglighet för korn som superfosfat (Figur 15). Upptaget av fosfor påverkades inte av lagring inom- eller utomhus. Sand/vermikulit användes för att bestämma tillgängligheten hos kväve i gödselmedlen. Tillgängligheten av kväve i fårgödseln för korn motsvarade något mer än innehållet av oorganiskt kväve i gödseln (Figur 16). En del av det organiska kvävet i gödseln hade därför troligen mineraliserats under växthusstudien. Efter mellanlagring inomhus innehöll gödseln högre halter ammoniumkväve som togs upp av kornet och gav större tillväxt än efter mellanlagring utomhus. Kornplantorna som gödslats med fårgödsel växte mycket bättre i mulljorden än i sand/vermikulit, troligen på grund av kvävemineralisering från jorden.



Figur 15. Upptag av fosfor i korn och halm hos kornplanter som växt i mulljord. Fårgödsel ute är gödslad med djupströgödsel med kornhalm från slutet av mellanlagringen i hög 2015. Fårgödsel inne är gödslad med djupströgödsel med kornhalm från slutet av mellanlagringen på stall 2016.



Figur 16. Upptag av kväve i korn och halm hos kornplanter som växt i sand/vermikulit. Fårgödsel ute är gödslad med djupströgödsel med kornhalm från slutet av mellanlagringen i hög 2015. Fårgödsel inne är gödslad med djupströgödsel med kornhalm från slutet av mellanlagringen på stall 2016.

Fältstudie

Syftet med fältstudien var att samla in gödselprov för att få värden på växtnäringsinnehållet i djupströgödsel från gårdar med lammproduktion samt att få data som jämförelse till våra försöksdata. Åtta gårdar med lammproduktion besöktes, fyra i Skåne och fyra i Västerbotten. Gårdarna hade mellan 40 och 700 tackor. Foderstaterna baserades på ensilage, på de flesta gårdar kompletterat med kraftfoder. Tre av gårdarna hade ekologisk produktion.

Byggnaderna var av varierande typ; fyra var oisolerade byggnader, två var ombyggda ladugårdar (stall med höskulle) och två var ombyggda isolerade grisstallar. Samtliga byggnader hade naturlig ventilation. På fem av gårdarna bestod boxgolven av betong, två hade grusbotten och en hade packad jord. Den beräknade tillgängliga ströbäddsytan per tacka varierade mellan 2,1 och 3,6 m².

Som strömedel använde alla gårdar halm, främst av korn. Man ströade mellan en gång per dag till en gång i veckan. Åtgången av halm varierade mellan 1 kg per tacka och dag till 1 kg per tacka och vecka. Gården med lägst åtgång har ett stall med en utvändig skrapgång där foderbordet är placerat, vilket minskar behovet av halm eftersom en del gödsel hamnar i skrapgången och liggytan är mindre. Utomhusytan skrapas en gång i veckan och därefter strör man ut kalksand som halkbekämpning.

Stallperioden på de västerbottniska gårdarna är 7-8 månader och på de skånska ca 6 månader. Ströbädden på en av de västerbottniska gårdarna kan bli uppemot 60 cm tjock, medan den skånska gård som har skrapgång bara hinner få en 30 cm tjock bädd.

På ett par av gårdarna körs ströbädden ut inom ett par veckor efter att djuren släppts på bete, på två gårdar gödslar man ut under sommaren och på de övriga sker utgödslingen på hösten, strax innan fåren ska stallas in igen. Mellanlagring sker därefter nära gården på tre av gårdarna, varav två har betongplatta. De övriga lagrar gödseln i högar på vallar som ska plöjas upp. Gödseln sprids på våren innan plöjning på alla gårdar utom på två skånska gårdar där man sprider redan på hösten. Tiden från utgödsling till spridning varierar mellan 1 och 12 månader på de olika gårdarna.

På varje gård togs tre representativa samlingsprover för analys. Provtagningen gjordes i början av maj på tre av gårdarna i Västerbotten, d.v.s. på fjolårets gödsel som då legat ca 8 månader i högar. På den fjärde gården gjordes provtagningen 1 juni, både i en hög från fjolåret och i årets ströbädd som just höll på att köras ut. Den senare provtogs även på hösten, efter ca 3 månaders lagring i fält. Provtagningen i Skåne gjordes i mitten av september av gödsel som hade legat 2-4 månader i hög, utom på en gård där provtagningen gjordes av bädden som fortfarande låg kvar i fårhuset. Totalt togs alltså prov från gödselhögar på sju gårdar och från bäddar på två gårdar.

Proven grävdes fram med trädgårdsspade eller grep och togs sedan för hand. Materialet till varje samlingsprov blandades om och ett representativt prov togs ut och lades i en plastpåse märkt med strötyp och datum. Proven lades i frysa samma dag som de tagits. De skickades sedan till Eurofins för analys (Bilaga 2).

Gödselprover från fältstudien

Resultaten av de kemiska analyserna finns i tabell 16. Generellt för alla prov är att C/N-kvoten är låg, i medeltal mellan 10,9 – 13,2, vilket har betydelse för hur mycket kväve som binds av mikroorganismerna. En låg C/N-kvot ger högre kväveförluster via ammoniakemission samt utlakning. Mängden total-N i djupströgödseln efter mellanlagring i gödselhögar är i medeltal 30,5 g/kg ts vilket motsvarar ca 9 kg/ton gödsel. Mängden NH₄-N är i medeltal 5,3 g/kg ts och andelen är ca 17 % av total-N. I djupströbäddarna före mellanlagring är total-N, NH₄-N och andelen NH₄-N högre.

De tre nedersta raderna i tabell 19 är från djupströgödsel från samma gård där prover togs i stall direkt efter stallperiod, efter ca 5 månaders lagring i gödselhög samt efter ca 12 månaders lagring i gödselhög. Även om djupströgödseln som var lagrad i ca 12 månader var från föregående stallperiod så indikerar resultaten en minskning av total-N och NH₄-N med ökad lagringstid. Andelen NH₄-N minskar också från ca 46 % i djupströbädden direkt efter stallperioden till ca 17 % efter ca 5 månaders lagring och sedan ca 14 % efter ca 12 månaders lagring.

Innehållet av fosfor i gödselhögarna från 7 gårdar är i medeltal 5,3 g/kg ts och innehållet av kalium är i medeltal 46,6 g/kg ts vilket motsvarar 2,5 kg/ton gödsel respektive 14 kg/ton gödsel.

Tabell 16. Växtnäringsinnehåll i djupströgödsel från 8 gårdar i Västerbotten och Skåne. Samlingsprover tagna i gödselhögar samt i djupströbäddar i stall. Resultaten anges som medelvärde samt min- och maxvärden.

pH	ts	aska	C/N-kvot	Tot-N	NH4-N	Tot-P	K	Ca	Mg	Na	S
	%	%		g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts
<i>Växtnäringsinnehåll i djupströgödsel från 2 gårdar, djupströbäddar direkt efter betessläpp respektive efter 4 månaders lagring i stallet (2 x 3 samlingsprov)</i>											
-	33,6	5,1	13,2	33,3	14,2	6,4	45,3	-	4,6	5,2	4,6
-	(29,5-40,1)	(4,8-5,9)	(11,0-15,0)	(27,9-39,4)	(7,1-18,6)	(3,8-10,7)	(38,3-52,8)	-	(2,5-7,7)	(1,8-8,7)	(4,0-5,5)
<i>Växtnäringsinnehåll i djupströgödsel från 7 gårdar med gödselhögar och olika lagringstider (7 x 3 samlingsprov)</i>											
-	30,7	6,2	12,7	30,5	5,3	8,7	46,6	-	7,0	4,4	6,2
-	(20,7-61,3)	(4,0-11,5)	(7,8-17,0)	(18,7-39,5)	(1,7-12,5)	(4,9-13,6)	(30,3-85,1)	-	(3,6-11,2)	(0,9-9,1)	(4,1-8,8)
<i>Växtnäringsinnehåll i djupströgödsel från samma djurstall efter stallperiod (övre raden), efter lagring i gödselhög ca 5 månader (mellanraden) samt efter ca 12 månader ^{a)}(undre raden) (3 samlingsprov per tillfälle)</i>											
-	30,9	4,9	12,3	35,2	16,3	5,1	45,3	-	4,3	2,1	4,3
-	(29,5-32,3)	(4,8-5,0)	(11,0-13,0)	(32,9-39,4)	(14,6-17,7)	(4,7-5,5)	(43,3-48,4)	-	(4,0-4,5)	(1,8-2,4)	(4,0-4,8)
-	28,0	7,8	10,9	34,3	6,0	8,8	58,2	-	8,2	5,4	6,3
-	(27,1-28,5)	(4,0-11,5)	(7,8-13,0)	(31,6-38,4)	(4,9-7,0)	(8,1-9,2)	(51,7-66,7)	-	(7,4-8,8)	(3,4-6,6)	(5,5-6,7)
-	24,5	5,4	12,0	33,2	4,7	10,5	43,1	-	9,2	2,8	8,1
-	(22,8-26,4)	(4,9-5,6)	(10,0-13,0)	(29,8-39,5)	(3,9-5,3)	(7,5-13,6)	(41,2-45,5)	-	(8,3-10,7)	(2,6-2,9)	(7,6-8,8)

^{a)} Från samma stall men djupströgödsel lagrad i ca 12 månader är från föregående stallperiod dvs. ej från samma gödselhög.

Övergripande diskussion

Försöksupplägg och mätmetoder

I detta projekt har vi beräknat växtnäringsbalanser för att uppskatta växtnäringsförlusterna under stallperiod och mellanlagring av djupströbäddar för får. Kväveförluster från gödsel i stall avges till luft och en alternativ metod kunde vara att mäta ammoniakemission från stallet. Dock är fårstallar i de flesta fall oisolerade och har naturlig ventilation vilket innebär att det är mycket svårt att bestämma luftflödet genom stallet och därmed ammoniakemissionen. Vaxtnäringsförluster från mellanlagring i gödselhögar sker dels i form av kväveförluster till luft men även via utlakning till marken. Metoder finns för att uppskatta ammoniakavgivningen till luften exempelvis med master och passiva fluxprovtagare (Jeppsson m.fl., 1997) men växtnäringsbalanser behövs för att uppskatta växtnäringsförluster till mark. Vaxtnäringsbalanser har tidigare använts av Olsson m.fl. (2014) för att bestämma kväveförlusterna från ett ekologiskt slaktgrisstall.

En påtaglig svårighet i denna typ av studie är att ta representativa prov av gödseln. Det gäller både vid själva provtagningen och också när provet skickats till laboratoriet. Även om materialet blandas om innan provet som ska frysas tas ut så kommer olika delar av provet att ha olika vattenhalt och halter av näringsämnen. Ett sätt att hantera detta är att göra många analyser. Ett annat är att ha upprepningar, som vi har haft med tre olika boxar för varje strömedel. Därigenom kan man se vilka förändringar som är signifikanta och inte.

Efter stallperiod 1 och stallperiod 2 (inkl lagring i stallet) togs två samlingsprover per box. Standardavvikelserna för växtnäringsämnena (tabell 14) är ganska hög och för att få bättre noggrannhet skulle vi tagit fler samlingsprov. Före och efter mellanlagringen i gödselhögar togs ett samlingsprov för respektive gödselhög (halm respektive rörfen). Vi valde att slå ihop gödseln till en hög för varje strömedel för att högarna skulle få en storlek som inte skiljer sig alltför mycket från praktikens. Därigenom miste vi styrkan i att ha upprepade behandlingar. Istället gjorde vi upprepade provtagningar under lagringen och kunde därigenom bekräfta de förluster av kväve och kalium som beräknades i växtnäringsbalanserna.

I experimenten användes tackor som inte var dräktiga för att undvika en arbetskrävande lamningsperiod. Djuren fick dessutom foder som var sent skördat. I producerande djurbesättningar är förhållandena annorlunda och detta skulle kunna påverka resultaten. Vi kände därför ett behov att skaffa ett jämförelsematerial genom provtagning på gårdar med mer produktiva djur. Eftersom analysresultaten av gödsel från experimenten i projektet och gödsel från gårdarna är mycket lika och samma skillnader finns mellan gödsel inne och ute i båda studierna kan vi konstatera att vårt experiment har fått resultat som är relevanta för fårgårdar i praktiken.

Strömedel

Ströförbrukningen var relativt låg för både halm och rörflen. Förutom foderstat påverkas ströförbrukningen av beläggningsgrad och inhysningssystem men även av ströets kvalitet och klimatet i stallet. De mängder som användes i försöken var ca 80 kg per tacka för hela stallsäsongen (tabell 5), vilket är en rimlig åtgång för icke producerande djur i jämförelse med tidigare uppgifter från praktiska besättningar (Meiner m.fl., 2009; Bernes och Jeppsson, 2015).

Rörflen visade sig fungera bra som strömedel. Materialet kan damma lite mer vid hantering och vi observerade även att fåren på rörflenbäddarna hostade lite mer i samband med ströningen jämfört med fåren som gick på halmbäddarna. Förmodligen så tyckte fåren att halmen var mer smaklig eftersom de åt mer av den i samband med ströningen. Behovet av strö till boxarna bedömdes okulärt. Djuren och djupströbäddarna var generellt mycket rena. Ströåtgången för rörflen var ca 10% högre än för kornhalm, speciellt under den första tiden efter installning behövdes det mer rörflen än halm. Detta kan bland annat förklaras av att rörflen har något sämre förmåga att binda vatten, ca 2,3 kg vatten per kg ts jämfört med halm som ligger mellan 3,0-4,0 kg vatten per kg ts (Holmström, 2014). I områden med brist på halm och efter år med liten tillgång på halm är rörflen ett bra alternativ som strömedel.

Djupströbäddarna i stallet

Medeltemperaturen i bäddarna var mellan 10-40°C vilket är samma temperaturintervall som i ett försök med djupströbädd för ungnöt (Jeppsson, 1999). Med tanke på värmeförlusten från komposteringsprocessen är det ganska låg temperatur vilket visar att det generellt var ganska låg omsättningsgrad i bäddarna. Komposteringsprocessen har förmodligen varit mest aktiv i mitten i boxarna vid ca 0,1 m djup där temperaturen var högst. Lägre ts-halt djupare ned i bäddarna (Tabell 8) innebär förmodligen att det är mindre syre där, vilket stryper komposteringen. Därmed alstras mindre värme och bädden får lägre temperatur. Med tanke på djupströbäddens funktion och ströförbrukning är det bra att den "brinner". Samtidigt kan högre temperatur ge större ammoniakavgivning (Jeppsson & Gustafsson, 2009). Efter att djuren flyttades bort från djupströbäddarna sjönk temperaturen i bäddarna och följde lufttemperaturen i stallet under lagringstiden.

Mängden gödsel för oss var vid utkörning av bäddarna ca 325 kg båda åren. Enligt "Rekommendationer för gödsling och kalkning 2018" (SJV, 2017) bidrar ett får med 0,8 m³ djupströgödsel på 6 månaders stallperiod. Med en beräknad vikt på 500 kg/m³ innebär det 400 kg. En något lägre siffra för oss är rimligt eftersom djuren var i sin och foderkonsumtionen var låg.

Utrymmet per djur i boxarna var större än vad djurskyddsföreskrifterna kräver. I praktiken ute på gårdar är det också vanligt med större utrymme per djur än vad som krävs. Storleken på ytan som avger ammoniak har stor betydelse för ammoniakförlusterna (Jeppsson & Gustafsson, 2009). Samtidigt ger en större yta per djur även en tunnare bädd vilket kan påverka komposteringen i bädden negativt. Djupströbäddarna under stallperiod 1 och 2 blev mellan 0,3-

0,4 m vilket kan jämföras med mellan 0,3 – 0,6 m i gårdsstudien. Att försöksboxarna var relativt små kan göra att det var större andel kallare kantzoner jämfört med bäddar i praktiken.

Kväveförlusterna från djupströbäddarna under stallperiod 1 var i medeltal 10 % med reservation för noggrannheten i växtnäringsbalanserna. Under stallperiod 2 inklusive efterföljande mellanlagring i stallet blev kväveförlusterna ca 12 %. Detta indikerar att kväveförlusterna under lagring i stall efter stallperioden är små. Kväveförlusterna är jämförbara med förluster från djupströbäddar för nötkreatur som kan vara mellan 4-10% (Jeppsson, 2009).

Analysresultaten av djupströgödseln vid utgödslingen visar att C/N-kvoten var mellan 15,0-26,0 och ts-halten mellan 36,8-63,3 %. För att ha de bästa förhållanden för kompostering med låga kväveförluster bör C/N-kvoten vara ca 30 och ts-halten omkring 60 %. Eventuellt skulle mer strö till boxarna minska kväveförlusterna men mer strö innebär en högre kostnad.

Djupströgödsel vid mellanlagring i gödselhög

När de två gödselhögarna hade lagts upp ute på fältet steg temperaturen snabbt till 70-75 °C i mitten av högarna. Komposteringsprocessen kom igång direkt efter att materialet omblandats och syre tillförts. Temperaturen sjönk därefter under lagringsperioden. Den höga temperaturen tyder på en kraftig omsättning vilket också bekräftas av att ts-mängden minskade med ca 60%.

Från gödselhögarna sker förlusterna av kväve både till luft och via utlakning till mark. De totala kväveförlusterna från gödselhögarna var i medeltal ca 40% med reservation för noggrannheten i växtnäringsbalanserna. Perioden när gödselhögarna mellanlagrades var mycket nederbördsrik och tyvärr var det inte möjligt att samla upp och provta allt avrinningsvatten. Fördelningen mellan kväveförluster till luft och till mark går inte att uppskatta. Förmodligen har regnet ökat kväveförlusterna till mark och minskat förlusterna till luft. Mellanlagring av djupströgödsel (långhalm) från ungnöt har i ett försök visat att de totala kväveförlusterna till luft och mark var ca 30 % (Jeppsson m.fl., 1997).

Förlusterna av kalium under mellanlagringen i gödselhögar var också höga vilket bekräftas av höga koncentrationer av kalium i avrinningsvattnet. I medeltal var förlusterna av kalium ca 40 %.

Växtnäringsinnehåll i djupströgödsel

Kväveinnehållet i djupströgödseln efter mellanlagring i gödselhögarna var ca 32 g tot-N/kg ts eller omräknat ca 7,0 kg tot-N per ton gödsel. Gårdsstudien visade något högre värden, i medeltal 9,1 kg tot-N per ton gödsel. Jordbruksverkets uppgift för djupströgödsel från får är 9.5 kg per ton gödsel vilket stämmer bra med gårdsstudien (SJV, 2017). Efter mellanlagring i stall var kväveinnehållet något högre, 11,2 kg tot-N per ton gödsel vilket också stämmer överens med värden från två av gårdarna i gårdsstudien. Det var mycket stor variation i växtnäringsinnehållet mellan gårdarna vilket visar på att lantbrukare som vill ha precision i växtnäringsplaneringen bör analysera sin gödsel.

Ekonomi

För att på bästa sätt utnyttja gårdens gödsel i växtodlingen bör man veta vad den innehåller. Våra resultat ger en uppfattning om detta, och därmed även om gödselns ekonomiska värde. Räknat på innehållet av N (8 kr/kg), P (18 kr/kg) och K (8 kr/kg) (SJV, 2016) blir värdet ca 59 kr för gödseln från varje djur på halmbädd och 56 kr på rörlensbädd efter mellanlagring i hög. Omräknat blir detta ungefär 180 kr per ton gödsel.

För att få ett nollresultat i kalkylen (*värde på mängden NPK i gödseln*) - (*mängd strömedel * pris på strömedel*) behöver priset på halm vara så lågt som 0,77 kr/kg, och på rörfen 0,65 kr/kg. Ett sätt att förbättra kalkylen är att minska ströbehovet, t ex genom att ha en skrapad gång närmast foderbordet.

Mellanlagring av djupströgödsel i hög under längre tid medför stora förluster av både kväve och kalium. Undersökningen visade att förlusterna kan vara i storleksordningen 40% för båda växtnäringsämnen. Ett pris för både N och K på 8 kr/kg medför att förlusterna i växtnäring under mellanlagringen kostar ungefär 100:- per ton gödsel. Det är emellertid ofta svårt att sprida långstråig djupströgödsel och i många fall krävs en kort mellanlagring i gödselhög för att gödseln skall kunna spridas. Metodutveckling för lagring i stall och spridning av obrunnen gödsel behövs för att lösa detta problem.

Slutsatser

Både rörflen och kornhalm fungerar bra som strömedel till får både vad gäller bäddens renhet och nedbrytning av bädden. Det går åt något mer strömedel för rörflen för samma renhet och rörflen dammar också något mer. Fårgödsel i djupströbäddar med kornhalm eller rörflen förlorar inte några större mängder kväve under stallperiod och lagring inomhus. Däremot försvinner större delen av ammoniumkvävet under lagring utomhus i högar. Detta gör att kvävet's tillgänglighet minskar drastiskt i gödseln.

Vi kan konstatera att halm och rörflen är någorlunda likvärdiga som strömedel, utom att det går åt ca 10 % mer av rörflenen. I övrigt var det inga skillnader vad gäller kompostering eller växtnäringsförluster.

Litteraturförteckning

Bailey, C.B. 1964. Effect of environmental temperature on feed digestion, water metabolism, body temperature and certain blood characteristics of sheep. *Canadian Journal of Animal Science* 44, 68-75.

Bernes, G., Jeppsson, K-H. 2015. Vinterlamning i oisolerade fårstallar. Rapport 2015:2. Inst. för norrländsk jordbruksvetenskap, SLU.

Damgaard Poulsen, H., Friis Kristensen, V., 1997. Normtal för hudrygödning. En revurdering af danske normtal for hudrygödningens indhold af kvaelstof, fosfor og kalium. Nr 736.

Helander, C. 2009. Utfodring av torr eller stöpt hel kärna av korn, raps, åkerböna och ärt - effekt på trækkegenskaper hos ickeproducerande tackor. Studentarbete 217. Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, SLU.

Henriksen, K., Olesen, T. & Rom, H.B. 2000. Omsætning af kulstof og kvælstofprocesser i kvægdybstrøelsesmåtter [Transformations of carbon and nitrogen processes in deep litter for cattle]. In *Husdyrgødning og kompost [Animal manure and compost]* (eds. S.G. Sommer & J. Eriksen), 29-34. Danish Research Centre for Organic Farming, Foulum, Danmark

Hess, E.A. 1963. Effect of low environmental temperature on certain physiological responses of sheep. *Canadian Journal of Animal Science* 43, 39-46.

Holmström, L. 2014. Rörflen som strömedel i djupströbäddar för nötkreatur. Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU, Alnarp

Jeppsson, K.-H. 2009. Emission av ammoniak, lustgas och metan från gödselbäddar i stall för nötkreatur och grisar – litteraturgenomgång. Sveriges Lantbruksuniversitet, Landskap Trädgård Jordbruk: rapportserie 2009:3

- Jeppsson, K-H. 1996. Djupströbädd - etablering och skötsel. Stiftelsen Sydsvensk Jordbruksforskning, Info nr 2, Alnarp
- Jeppsson, K-H. 1999. Volatilization of ammonia in deep-litter systems with different bedding materials for young cattle. *J. Agric. Engng Res.* 73: 49-57
- Jeppsson, K.-H. & Gustafsson, G. 2009. Byggnadstekniska åtgärder för lägre ammoniak-emission från djurstallar. Sveriges Lantbruksuniversitet, Landskap Trädgård Jordbruk: rapportserie 2009:12
- Jeppsson, K-H., Karlsson, S., Svensson, L., Beck-Friis, B., Bergsten, C. & Bergström, J. 1997. Djupströbädd för ungnöt och slaktsvin - analys avseende teknik, miljö, djurhälsa och ekonomi. Rapport 110, Inst f jordbrukets biosystem och teknologi, SLU, Alnarp
- Jordbruksverket 2017. Rekommendationer för gödsling och kalkning 2018. Jordbruksinformation 4:2017 .
- Karlsson, A-M., 2015. 22 % av allt får-och lammkött är ekologiskt. *Jordbruket i siffror* [blogg] 29 oktober. <https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2015/10/29/22-av-allt-far-och-lammkott-ar-ekologiskt/> [2017-05-31]
- Karlsson, S. och Torstensson, G. 2003. Strängkompostering av hästgödsel. JTI-rapport, lantbruk & industri, 313. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala
- Kirchmann, H. 1985a. "Losses, Plant Uptake and Utilisation of Manure Nitrogen during a Production Cycle." *Acta Agriculturae Scandinavica, Supplementum* 24: 1-77.
- Kirchmann, H., 1985b. Fast stallgödsels kväveförluster vid lagring. Fakta – Mark/växter nr 28, SLU, Uppsala
- Kirchmann, H., 1986. Komposteringsprocessen. Fakta – Mark/växter nr 14, SLU, Uppsala
- KRAV, 2014. Enkel fosforbalans 14 april 2014. www.krav.se/sites/default/files/enkel_p_balans_14_april2014.xls. Nedladdat i april 2018
- Meiner, M., Thomsson, A., Bernes, G., Ascárd, K. & Jeppsson, K-H. 2009. Byggnader och inhysningssystem för lammproduktion. Sveriges Lantbruksuniversitet, Landskap Trädgård Jordbruk : rapportserie 2009:10
- Melin, L., 1975. Vatten till får. Aktuellt från Lantbrukshögskolan nr 221. Teknik 31.
- Nilsson, D., Bernesson, S. & Hansson, P.A., 2011. Pellet production from agricultural raw materials – A systems study. *Biomass and Bioenergy* 35(1), 679-689.
- Olsson, A.-C., Jeppsson, K.-H., Botermans, J., von Wachenfelt, H., Andersson, M., Bergsten, C. & Svendsen, J. (2014). Pen hygiene, N, P and K budgets and calculated nitrogen emissions for organic growing-finishing pigs in two different housing systems with and without pasture access. *Livestock Science* 165, 138-146.
- SCB, 2017. Jordbruksstatistisk sammanställning 2017.

SJV, 2016. Rekommendationer för gödsling och kalkning 2017. Jordbruksinformation 4, 2016 Jönköping.

SJV, 2017. Rekommendationer för gödsling och kalkning 2018. Jordbruksinformation 4, 2017 Jönköping.

Shiga, A. 1986. The effect of drinking water temperature in winter on water, magnesium and calcium metabolism in ewes. Japanese Journal of Veterinary Science 48 (5), 893-899.

SJVFS 2010:15. Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket m.m. Saknr L 100, Jönköping

Smith, K.A., Frost, J.P. 2000. Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part I: cattle and sheep. Bioresource Technology 71, 173-181.

SMHI, 2018. Öppna data, mätplats Röbbäcksdalen och mätplats Umeå Airport. <https://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/?parameter=3>. Nedladdat i april 2018.

Sommer, S. G. & Dahl, P. 1999. Nutrient and carbon balance during the composting of deep litter. Journal of Agricultural Engineering Research 74(2): 145-153

Sommer, S.G. & Møller, H.B. 2000. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production - effect of straw content. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 134, 327-335

Velasco-Velasco, J., Parkinson, R. & Kuri, V. 2011. Ammonia emissions during vermicomposting of sheep manure. Bioresource Technology 102(23), 10959-10964

Wishmeyer, D., Snowden, G., Clark, D. & Cockett, N., 1996. Prediction of Live Lamb Chemical Composition Utilizing Electromagnetic Scanning (ToBEC™). Journal of Animal Science 74(8):1864-1872

Bilaga 1 – Näringsämnen i mineralfodret

Effekt Får utan Cu

Beskrivning

Granulerat mineralfoder utan koppar för får och getter. Vissa fårraser behöver koppar, till dessa lämpar sig Effekt Får med koppar. Godkänd att använda i KRAV-certifierad produktion.

Utfodringsrekommendation

Förutsättningen för en korrekt utfodring av mineralfoder är att grovfodrets mineralinnehåll är analyserat på kalcium, fosfor, magnesium och kalium. För att inte överskrida högsta tillåtna halter av fodertillsatser får Effekt Får utan koppar utfodras med högst 1,25 % per kg i foderstaten. Felaktig dosering av mineralfoder som innehåller selen kan medföra förgiftning. Nedanstående rekommendationer ska ses som generella.

Lamm och killingar - 10 g/dag

Får och getter - 10-25 g/dag

Specifikation:

Artikelnr:	401196, 401251, 401252
-------------------	------------------------

Näringsämnen	
Aska, %	92.5
Vattenhalt, %	1.2
Makromineraler	
Kalcium, g	135
Fosfor, g	62
Magnesium, g	71
Kalium, g	1.3
Natrium, g	111
Svavel, g	6.0
Vitaminer	
Vitamin A Premix, IE	300000
Vitamin D3, IE	80100
Vitamin E Premix, mg	5000

Spårelement	
Cu (CuSO ₄), mg	0
Mn (MnO), mg	1500
Zn (ZnO), mg	-
I (Ca(IO ₃) ₂), mg	150
Se (Na ₂ SeO ₃), mg	30
Zn (ZnSO ₄), mg	5010
Co (CoCO ₃), mg	50
Ca/P -kvot	2,2

Artikelinformation	
Eko-godkänd	Ja

Utförande och hållbarhet:

"Bäst-före" anges på förpackningen. Gäller under förutsättning att fodret förvars torrt, mörkt och ej över normal rumstemperatur. Storsäcken har 4 stroppar och en tömningsstrut i botten.

Tillverkas av

Lantmännen Lantbruk, 205 03 Malmö, Telefonnummer: 0771-111 222

Bilaga 2 Hantering och analys av prover på foder, strömedel och djupströgödsel

Strömedel, ensilage och foderrester torkades i torkskåp vid 60°C och lagrades därefter torrt. Djupströgödsel samt avrinningsvatten frystes ned till < -18 °C samma dag som proverna togs, förvarades i frys och transporterades i fryslåda till analys.

Samtliga prover av strömedel, ensilage, foderrester, djupströgödsel och avrinningsvatten har analyserats hos Eurofins. I tabellen nedan anges de analyser som utfördes av de olika proverna. För ensilage och rester användes analyspaketet Näring komplett (NIR) med tillägg av Lilla mineralpaketet samt kemisk analys av aska och råprotein (Kjeldahl). Strömdelen analyserades kemisk på ts och västtråd och dessutom med Lilla mineralpaketet samt kemisk analys av aska och råprotein (Kjeldahl). För stallgödsel och avrinningsvatten användes Grundpaket kemisk samt kemisk analys av pH. Stallgödseln hade ett tillägg för analys av C/N-kvot och aska.

Tabell. Metoder/referenser för analyserna av strömedel, ensilage, djupströgödsel och avrinningsvatten. Om både NIR- och kemisk analys har gjorts anges här den kemiska metoden, då det är de resultaten som har använts i våra beräkningar.

	Strö- medel	Ensilage	Foder- rester	Djupströ- gödsel	Avrinnings- vatten
Torrsubstans	restvatten vid 103 °C	restvatten vid 103 °C	restvatten vid 103 °C	Ej angett metod	Ej angett metod
Råprotein	Ej angett metod	(EG) nr 152/2009	(EG) nr 152/2009		
Totalkväve				EU 152/2009 mod.	EU 152/2009 mod.
Ammoniumkväve		Beräknat	Beräknat	EU 152/2009 mod.	EU 152/2009 mod.
C/N-kvot				Beräknat	
Råaska, askhalt	EU 152/2009	EU 152/2009	EU 152/2009	EU 152/2009	
Växttråd	Ankom technology 05/03				
NDF	Ankom technology 05/03, ISO 16472:2006	NIR	NIR		
Omsättbar energi	Beräknat	Beräknat	Beräknat		
Socket		NIR	NIR		
pH		NIR	NIR	Ej angett metod	
Fosfor	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	SS EN ISO 11885	SS EN ISO 11885
Kalium	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	SS EN ISO 11885	SS EN ISO 11885
Magnesium	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	SS EN ISO 11885	SS EN ISO 11885
Svavel	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	SS EN ISO 11885	SS EN ISO 11885
Natrium	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	SS EN ISO 11885	SS EN ISO 11885
Kalcium	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	DS ISO 11885m:2009	SS EN ISO 11885 ¹⁾	SS EN ISO 11885

¹⁾Ej analyserat i djupströgödsel efter stallperiod 2 och efter mellanlagring i stall