

JTI
Uppdragsrapport

Översyn av Statistiska Centralbyråns beräkning av ammoniakavgången i jordbruket

– emissionsfaktorer för ammoniak
vid lagring och spridning av stallgödsel

Ett projekt utfört på uppdrag av Jordbruksverket

Stig Karlsson
Lena Rodhe

© **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2002**

Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.

Uppdragsgivaren har rätt att fritt förfoga över materialet.

Tryck: JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala 2002

Innehåll

Förord.....	5
Inledning	7
Genomförande	7
Lagringsförluster.....	8
Kommentarer till tabell lagringsförluster	8
Källhänvisningar till ammoniakemissioner vid lagring	9
Spridningsförluster.....	13
Kommentarer till tabell spridningsförluster	14
Källhänvisningar till ammoniakemissioner efter spridning	14
Referenser – Lagringsförluster	21
Referenser – Spridningsförluster	22
Bilaga 1	23
Spridningsförluster.....	23

Förord

Föreliggande rapport utgör redovisning av ett projekt som JTI utfört på uppdrag av Jordbruksverket (SJV), Jönköping. Projektet har ingått som en del i ”Översyn av SCB:s beräkning av ammoniakavgången i jordbruket”. SCB:s (Statistiska Centralbyråns) beräkningsmetod för ammoniakavgång kommer att användas i arbetet med uppföljning av de i Sverige uppsatta miljö kvalitetsmålen.

Rapporten innehåller en sammanställning över ammoniakavgångens storlek i olika typer av hanteringssystem för lagring och spridning av stallgödsel, med hänvisning till kunskapsläget 2001. Avgången anges som förlustprocent, emissionsfaktorer, i förhållande till stallgödselels kväveinnehåll. Sammanställningen har gjorts av forskningsledarna Stig Karlsson (avsnittet om lagring) och Lena Rodhe (avsnittet om spridning).

Ultuna, Uppsala i november 2001

Lennart Nelson

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Inledning

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik har utfört ett delprojekt, på uppdrag av Jordbruksverket, inom projektet ”Översyn av Statistiska Centralbyråns beräkning av ammoniakavgången i jordbruket”. Delprojektets uppgift var att göra en översyn av de emissionsfaktorer för lagring och spridning av stallgödsel som ingår i SCB:s beräkningsmodell för ammoniakavgång. Dessutom har en dokumentation av den forskning som ligger till grund för faktorerna genomförts.

En stor del av ammoniakforskningen har pågått under 1980- och 1990-talen. År 1997 deltog JTI i den senast översynen av emissionsfaktorer för ammoniak, med anledning av SCB:s återkommande ammoniakberäkningar. Då gjordes en genomgång och värdering av tillgängliga forskningsresultat på området som överfördes till svenska förhållanden efter bedömningar av JTI och Jordbruksverket. Där forskningsresultat inte fanns tillgängliga användes uppskattade värden där det bedömdes rimligt för att komplettera de kunskapsluckor som fanns.

I samband med översynen 1997 gjordes även en utbyggnad av databaserna för emissionsfaktorer samt att SCB:s intervjuunderlag för kommande gödselmedelsundersökningar kompletterades med frågor för att ge ett mer detaljerat dataunderlag angående hanteringssystemen för stallgödsel.

Genomförande

JTI har reviderat de tidigare använda tabellerna med emissionsfaktorer för lagring och spridning av stallgödsel. I förekommande fall har emissionsfaktorer och tabellindelning uppdaterats. Det har dock gjorts först sedan synnerliga skäl framkommit för att göra detta.

Dessutom har i anslutning till tabellerna källhänvisningar sammanställts som visar vilka undersökningar som ligger bakom emissionsfaktorerna. I många fall visar olika undersökningar, av naturliga skäl, inte någon genomgående entydig emissionsfaktor och då har en specificering och värdering gjorts av respektive studiers förutsättningar för att i denna rapport kunna presentera ett ”normalvärde” för svenska förhållanden. Rapporten innehåller också fullständig referenslista till de använda källorna.

Lagringsförluster

Nedan redovisas en sammanställning av kväveförluster orsakade av ammoniakavgång vid lagring av stallgödsel.

Tabell 1. Kväveförluster orsakade av ammoniakavgång vid lagring av stallgödsel (% av totalkväve).

Gödseltyp, hantering	Djurslag					
	Nöt	Svin	Värp- och unghöns	Slakt-kycklingar	Hästar	Får
Fastgödsel	20	20	12		25	25
Kletgödsel	10	10				
Flytgödsel, utan täckning						
fyllning underifrån	6	8	8			
fyllning ovanifrån	7	9	9			
Flytgödsel, med täckning						
fyllning underifrån:						
tak	1	1	1			
svämtäcke	3	4	4			
annan	2	2	2			
fyllning ovanifrån:						
tak	1	1	1			
svämtäcke	4	5	5			
annan	3	3	3			
Urin, utan täckning						
fyllning underifrån	37	37				
fyllning ovanifrån	40	40				
Urin, med täckning						
fyllning underifrån:						
tak	5	5				
svämtäcke	17	17				
annan	10	10				
fyllning ovanifrån:						
tak	5	5				
svämtäcke	20	20				
annan	12	12				
Djupströgödsel, ströbädd	30	30	20	5		33

Kommentarer till tabell lagringsförluster

I samband med 1997 års genomgång av emissionsfaktorer gjordes en grundlig genomgång och komplettering av tidigare använda emissionsfaktorer. Den föreliggande genomgången av tillgängligt forskningsmaterial visar att de tidigare framtagna emissionsfaktorerna för lagring av olika gödseltyper från djurslagen *nöt*, *svin* samt *värp- och unghöns* har fortsatt giltighet. Det ska dock noteras att

faktorn för **fastgödsel** från *värp- och unghöns* anges till endast 5 % i en dansk sammanställning. Man påpekar emellertid att underlaget är litet och skattningen ungefärlig. Vi anser därför att det i dagsläget inte finns tillräckligt underlag för att revidera tabellvärdet ovan, utan avvaktar ett bredare kunskapsunderlag.

Beträffande gödseltypen **djupströ** föreslår vi att den i tabellen generellt ändras till **djupströgödsel/ströbädd**, då det i fallet *slaktkycklingar* är mer relevant med benämningen ströbäddar. Emissionsfaktorn för lagring av *ströbädd* från *slaktkycklingar* har varit 5 % enligt tabell. Enstaka forskningsresultat under de senaste åren, med bland annat direkta ammoniakmätningar under svenska förhållanden, indikerar förluster på minst 7 %. Vi anser dock att det idag inte finns tillräckligt underlag för att ändra ovanstående tabellvärde.

Strörik **fastgödsel** från *hästar* har tidigare antagits ge ammoniakförluster under lagringen på ungefär 25 % av totalkvävet. Forskningsresultat under svenska förhållanden under de senaste åren tyder på förluster av ammoniak på endast upp till 10-15 %. En tänkbar förklaring till dessa resultat är att denna gödsel som vanligtvis innehåller stora strömedelsmängder uppvisar tämligen höga kol/kvävekvoteer som i sig gynnar snabb immobilisering av ammoniumkväve under lagringsperioden, vilket minskar potentialen för ammoniakavgång. Det bör också påpekas att vid de mätningar som gjorts på hästgödselkomposter så är det svårt att rent praktiskt påbörja mätningar av ammoniak omedelbart efter utgödslingen. Därmed har ammoniakavgång under den första veckan/veckorna fått extrapolerats utifrån de mätningar som följer. Detta kan utgöra en viss felkälla, även om extrapoleringen för den första tiden inte bör ha avgörande betydelse. Vi anser dock att det ännu inte finns tillräckligt underlag för att revidera tabellvärdet ovan, utan avvaktar ett bredare kunskapsunderlag. Avslutningsvis anser vi att emissionsfaktorn för gödsel från *hästar* på **djupströ** inte är en relevant kombination och föreslår att den utgår ur tabellen. Den hästgödsel som produceras bör därför kunna innefattas som helhet i gödseltypen **fastgödsel**, då den ändå har en emissionsfaktor som är skild från den som berör exempelvis nöt och svin. Dessutom anser vi att det ännu inte finns tillräckligt underlag för att revidera tabellvärdet för *får* på **djupströ**, trots att tidigare svenska och danska skattningar skiljer sig åt.

Källhänvisningar till ammoniakemissioner vid lagring

Fastgödsel

Lagringsförluster generellt, nöt/svin

Iversen & Dorph-Petersen (1949): Fastgödsel, med och utan halminblandning, från några olika danska gårdar bedömdes utifrån vägning och växtnäingsanalys avge 16-31 % av totalkvävet som ammoniak (emission till luften).

Petersen m.fl. (1998): Ammoniakavgång vid lagring av fastgödsel från svin uppmättes till 23-24 % av ursprunglig kvävemängd.

Värp- och unghöns

Sommer (2000): Undersökningarna är få och emissionsfaktorerna är grovt skattade. För höns anger man emissionerna till ca 5 % ammoniakförlust och 10 % denitrifikation.

Hästar

Sommer (2000): Undersökningarna är få och emissionsfaktorerna är grovt skattade. För hästar anger man emissionerna till ca 5 % ammoniakförlust och 10 % denitrifikation.

Steineck m.fl. (2001): Mellanlagring och strängkompostering av hästgödsel vid Trav- & Galoppeskolan i Wången, Östersund, resulterade i 11 % ammoniakförlust från komposter med halm som strömedel, respektive 3 % med kutterspån. Vid torvströanvändning kunde ytterst låg ammoniakavgång registreras, <1 %.

Får

Begränsat underlag; se övriga djurslag.

Kletgödsel**Lagringsförluster generellt, nöt/svin**

Karlsson (1996): Mätningar under januari-maj/juni visade att 5-7 % av totalkvävet avgick i form av ammoniak under lagring av nötgödsel i lagun.

Petersen m.fl. (1998): Under 3 månaders lagring uppmättes ammoniakförlusterna till 4-5 % från nötgödsel

Flytgödsel**Lagringsförluster generellt, nöt/svin**

De Bode (1991): 5-15 % ammoniakförlust vid lagring av nöt- och svinflytgödsel.

Rom m.fl. (1999): 6-9 % ammoniakförlust vid lagring av nöt- och svinflytgödsel.

Sommer m.fl. (1993): 8 respektive 12 % ammoniakförlust från svin- respektive nötflytgödsel. Författarna kommenterade att detta får ses som maximala värden då gödseln omblandades intensivt 1 gång/vecka. Avgången konstaterades vara 2-3 gånger högre än normalt under 2-4 dygn i samband med omblandningen.

Topp- och bottenfyllning

Karlsson (1996): Vid jämförande fullskalemätningar under perioden november-april konstaterades ingen mätbar skillnad mellan topp- och bottenfyllning för svinflytgödselbehållare. Det noterades dock att ammoniakavgången överlag var låg samt att pumpkapaciteten vid bottenfyllning var onödigt hög (kraftig omblandningseffekt) och att det inte fanns något svämtäcke på gödselytan (svämtäckets stabilitet skyddas bättre vid bottenfyllning än vid toppfyllning). Vid omblandning av behållarna kunde endast en begränsad ökning av ammoniakförlusterna konstateras.

Muck m.fl. (1984): Massbalansberäkningar utfördes på två gödsellaguner belägna på två gårdar med flyt-/kletgödsel. Den ena var toppfylld och den andra bottenfylld. Det ska dock påpekas att gödseln i inget fall pumpades till lagunerna. Vid toppfyllning skrapades gödseln helt enkelt ut över lagunkanten, medan bottenfyllningen skedde genom att gödseln fick självrinna in till lagunen genom underjordiska kulvertar. De studerade lagren var dock utformade på olika sätt, vilket medförde att den toppfyllda lagunen hade dubbelt så stor lagringsyta i förhållande till lagrad volym jämfört med den bottenfyllda. Kväveförlusterna var 29-39 % vid ”toppfyllning” medan ”bottenfyllning” resulterade i 3-8 % kväveförlust. Resultaten framhölls stämma väl överens med den modell som tidigare togs fram av Muck &

Steenhuis (1982). Det framgår dock att modellen var begränsat validerad. Dessutom påpekades det att kväveförlusterna var likvärdiga vid låga pH-värden ($\text{pH} < 7$), låga temperaturer ($< 10^\circ\text{C}$) och/eller vid fyllning i djupa behållare med liten bottenyta.

Täckning

De Bode (1991): Tättslutande täckning minskar förlusterna med 70-90 %. Ett svämtäckte med extra tillsats av halm minskar förlusterna 60-70 %.

Karlsson (1996): Halmtäckning minskade ammoniakavgången med ca 40 %. Motsvarande effekt för lättklinkerkulor var 50 % medan ett lager torv eller en plastduk minskade avgången med 85 %.

Sommer (1993): I studien jämfördes täckta lagringsbehållare med en behållare som blandades om intensivt 1 gång/vecka. Ett lock på behållaren resulterade i att förlusterna minskade till 0-5 % av referens. Generellt minskade flytande täckningar förlusterna till mindre än 60 % av referens.

Värp- och unghöns

Begränsat underlag; se övriga djurslag (svin).

Urin

Lagringsförluster generellt, nöt/svin

Karlsson (1996): Från mätresultat i pilotskala beräknades lagringsförlusten från en fullskalebehållare med urin uppgå till ca 40 % av kväveinnehållet under en lagringssäsong.

Sommer (2000): I en sammanställning angående växtnäring förluster och utnyttjande av stallgödsel anger författaren en ammoniakavgång på ca 30 % av kväveinnehållet vid lagring utan täckning.

Topp- och bottenfyllning

Se kommentarer i flytgödselavsnittet

Täckning

Karlsson (1996): Lättklinkerkulor, flytande plastduk eller ett tättslutande tak minskade ammoniakförlusterna med ca 90 %, medan motsvarande värde för ett tunt rapsoljeskikt var 80 %. Dock var rapsoljeskiktet vindkänsligt och var därmed varierande i effektivitet. Halm minskade visserligen inledningsvis förlusterna med ca 60 % men konstaterades ha kort livslängd genom att den sjönk till botten av behållaren efter bara några månader.

Sommer (2000): Tättslutande tak uppges minska ammoniakförlusterna med 90-95 %, medan flytande täckning av halm etc. minskar förlusterna med 80 %.

Djupströgödsel, ströbädd

Lagringsförluster generellt, nöt/svin

Jeppsson m.fl. (1997): 2-23 % ammoniakförlust vid mellanlagring av djupströgödsel från ungnöt. Lägst förlust uppmättes vid användning av en torv- och halmblandning som strö i stallet. Högst förlust konstaterades vid en kol/kväveknot på ca 20.

Karlsson & Jeppsson (1995): 19-35 % ammoniakförlust vid mellanlagring av djupströgödsel från ungnöt. De högsta förlusterna uppmättes vid lägst kol/kvävekvot (ca 16).

Kirchmann (1985): Kompostgödsel förlorade 10-50 % av kvävet under lagring, vilket till största delen utgjordes av emissioner till luften. Ammoniakförlusterna under en 5-månaders lagringsperiod resulterade i 0- 40 % kväveförlust. De höga förlusterna uppmättes vid relativt låga kol/kväve-kvoter (ca 16).

Värp- och unghöns

Sommer (2000): Undersökningarna är få och emissionsfaktorerna är grovt skattade. För höns anger man emissionerna till ca 10 % ammoniakförlust.

Slaktskyckling

Rodhe m.fl. (2000): Mellanlagring av slaktskycklinggödsel i kompoststräng på fält visade på 7 % ammoniakförlust. Med ett isolerande halmlager som täckning noterades en något högre förlust (10 %).

Sommer (2000): Undersökningarna är få och emissionsfaktorerna är grovt skattade. För slaktskycklingar anger man emissionerna till ca 15 % ammoniakförlust och 10 % denitrifikation.

Får

Sommer (2000): Undersökningarna är få och emissionsfaktorerna är grovt skattade. För får anger man emissionerna till ca 5 % ammoniakförlust och 10 % denitrifikation.

Spridningsförluster

Nedan redovisas en sammanställning av kväveförluster orsakade av ammoniakavgång vid spridning av stallgödsel.

Tabell 2. Kväveförluster orsakade av ammoniakavgång vid spridning av stallgödsel (% av ammoniumkväve).

Årstid / Spridningssätt	Nedbrukning	Fastgödsel*)	Urin	Flytgödsel
Vårvinter				
Bredspridning	Spridning på tjäle	20	40	30
	Släpslang		30	20
Vår				
Bredspridning	Omgående	15	8	10
	Nedbrukning efter 4 tim	33	14	15
	Nedbrukning efter 5-24 tim	50	20	20
	<i>Spridning i vall</i>	70	35	40
	<i>Spridning i stråsåd</i>		11	20
Släpslang	Omgående		7	5
	Nedbrukning efter 4 tim		14	8
	Nedbrukning efter 5-24 tim		20	10
	Spridning i vall		25	30
	<i>Spridning i stråsåd</i>		10	15
<i>Ytmyllning</i>	<i>Spridning i vall</i>		8	15
Försommar, sommar				
Bredspridning	Spridning i vall	90	60	70
	<i>Spridning i stråsåd</i>		10	20
Släpslang	<i>Spridning i vall</i>		40	50
	<i>Spridning i stråsåd</i>		10	7
<i>Ytmyllning</i>	<i>Spridning i vall</i>		15	30
Tidig höst				
Bredspridning	Omgående	20	15	5
	Nedbrukning efter 4 tim	35	23	18
	Nedbrukning efter 5-24 tim	50	30	30
	Ej nedbrukning	70	45	70
Släpslang	Omgående		10	3
	Nedbrukning efter 4 tim		18	9
	Nedbrukning efter 5-24 tim		25	15
	Ej nedbrukning		30	40
Sen höst				
Bredspridning	Omgående	10	10	5
	Nedbrukning efter 4 tim	15	15	8
	Nedbrukning efter 5-24 tim	20	20	10
	Ej nedbrukning	30	25	30
Släpslang	Omgående		4	3
	Nedbrukning efter 4 tim		11	4
	Nedbrukning efter 5-24 tim		18	5
	Ej nedbrukning		25	15

*) Värdena inkluderar även djupströgödsel, kletgödsel och rötslam

Kommentarer till tabell spridningsförluster

I kolumnerna Fast, Djup, Klet och Röt slam står i den tidigare versionen samma emissionsvärden. Orsaken till detta är att det endast finns ett fåtal mätningar med dessa gödselslag och då främst med fastgödsel och därmed har fastgödselvärderna även fått stå för de tre övriga gödselslagen. Antalet kolumner tyder på ett stort dataunderlag, vilket inte existerar. Vi föreslår en kolumn, t.ex. med rubriken ”Fast”. En asterisk anger att det gäller för alla gödseltyperna Fast, Djup, Klet och Röt slam i brist på data för respektive gödselslag.

Nya rubriker har inkluderats (med *kursiv stil* i tabellen),

- växande gröda har specificerats i ”växande stråsäd” respektive ”vall”
- spridningssättet Ytmyllning vid spridning i vall har lagts till för vår respektive försommar, sommar.
- I källhänvisningen finns även andra fall beskrivna, vilka kan inkluderats om så önskas.

I bilaga 1 finns tabellen med fetmarkerade siffror, som anger att här finns det mätningar. Inga (trovärdiga) mätresultat har hittats för kletgödsel och röt slam. För djupströ (vår- respektive höstspridning) finns resultat rapporterat från **ett** (nyligen avslutat) projekt. För fastgödsel finns resultat men det betonas att det är svårt att ange några precisa siffror på ammoniakavgången för fastgödsel bl.a. på grund av osäkerheter i utlagd giva. Generellt anges dock att fastgödsel ger stora förluster, betydligt högre än för flytgödsel under motsvarande förhållanden (Malgeryd, 1996).

I bilaga 1 har indikerats om värdena i litteraturen ligger högre eller lägre än de angivna. Avvikelserna är dock inte av den storleksordning att det är nödvändigt att göra denna justering omedelbart. Om indikering saknas betyder det att litteraturens värden styrker värdena i tabellen.

I något fall har uppskattade värden blivit ologiska. Som exempel kan nämnas Tidig höst, Bredspridning och Omgående nedbrukning. Förlusterna är 3 ggr så stora för urin som för flyt – man skulle kunna förvänta sig det omvända. Totalt är det dock små förluster i procent det rör sig om.

I stort få mätningar på hösten, så därmed är det inga motiv till att ändra värdena.

Källhänvisningar till ammoniakemissioner efter spridning

Vårvinter – Bredspridning

Spridning på tjäle (frusen mark)

Flyt: Sommer m.fl. (1991): Nötflytgödsel utspridd på vattenmättad och delvis frusen sandjord med gräsvall. Spridning oktober-december. Förlusterna uppgick till 46-74 %.

Sommer & Christiansson (1989): Svinflyt, på öppen jord lufttemp -2°C till $1,2^{\circ}\text{C}$, 50 %.

Malgeryd (1996): Nötflyt, lätt tjälad lerjord, temperatur markyta $0,5-6^{\circ}\text{C}$, 16 % vid 20 ton/ha; 40 % vid 80 ton/ha.

Övriga gödselslag: Uppskattade utifrån ovanstående litteratur.

Vårvinter – Släpslang

Spridning på tjäle

Urin: Uppskattat efter Sommer m.fl. (1991) och Sommer & Christiansson (1989).

Flyt: Malgeryd (1996): Nötflyt, lätt tjälad lerjord, temperatur markyta 0,5-6°C, 5-10 % vid givor 10-40 ton/ha, större än 40 % vid hög giva (80 ton/ha).

Övriga gödselslag: Ej aktuellt.

Vår – Bredspridning

Omgående nedbrukning

Fast: Uppskattade värden.

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Svinurin i vårbruk, med omedelbar nedharvning eller efter 1 dygn. Bred- och bandspridning. Giva < 20ton/ha. Omedelbar nedbrukning medförde förluster mindre än 3 % (bredspridning) under de närmsta 4 h efter spridning.

Flyt: Uppskattade värden.

Nedbrukning 4 tim

Fast: Malgeryd (1996): Blandgödsel (häst, svin och höns), 15 % (ojämn spridning och därmed osäker giva i kyvetter.

Rodhe m.fl. (2000a): Slaktkycklinggödsel, (25 kg total-N/ton varav 34 % am-N), sent vårbruk, styv lera, 21,8 %.

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Svinurin i vårbruk. Ca 13 % under de 4h närmast efter spridning för både bred- och bandspridning.

Flyt: Malgeryd (1996): Nötflytgödsel, 5 %.

Nedbrukning 5-24 tim

Fast: Malgeryd (1996): Blandgödsel (häst, svin och höns). Nedbrukning andra dagen efter spridning, 136 %. Viss osäkerhet beträffande givan i kyvetterna (Ojämn spridning med fastgödselspridare).

Djup: Karlsson & Salomon (2001): Färs djupströgödsel från nöt (perioden 0-70 timmar efter spridning), 60 %, mellanlagrad gödsel mindre än 5 %. Enligt diagram kumulativa förlusterna hade ca 90 % av de förlusterna avgått inom 6 timmar efter spridning.

Urin: Extrapolerat från nedbr. 4 tim.

Flyt: Malgeryd (1996): Nötflytgödsel, Nedbrukning andra dagen efter spridning, 12 %.

Ingen nedbrukning

Djup: Karlsson & Salomon (2001): Färs djupströgödsel från nöt (perioden 0-70 timmar efter spridning), 60 %, mellanlagrad gödsel mindre än 5 %.

Spridning i växande stråsäd

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Svinurin i växande korn (ca 10 cm hög).
Ca 11 % vid bredspridning.

Flyt: Malgeryd (1996): Svinflyt. Bredspridning 12 %, bredspridning + bevattning 30 mm 4 %.

Sommer m.fl. (1997): Svinflyt till höstvetete, 3 år, År 1 (spridning 19 april): 15 %, År 2 och 3 (spridning 2 maj): 25 %.

Spridning i vall

Fast: Karlsson & Tersmeden (2001): Nötfastgödsel, spridning i april, 53 %.

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Nöturin, bred- och bandspridning samt (bristfällig) ytmyllning på våren. 2 år. Bredspridning: 45 % år 1, 63 % år 2.

Flyt: Huijsmans m.fl. (1997): Nederländska försök utfört på olika jordar, olika tidpunkter (mars-oktober) med främst nötflytgödsel med även svinflyt. Kumulativa förlusterna under 96 timmar efter spridning var i medeltal 66 %.

Vår – Släpslang***Omgående nedbrukning***

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Svinurin i vårbruk. Omedelbar nedbrukning medförde en förlust <2 %.

Flyt: Malgeryd (1996): Nötflyt. Spridning med släpfot i vårbruk, inga detekterbara förluster (0 %).

Svensson & Lindén (1998): Svinflyt i vårbruk, sandjord, 3 %.

Nedbrukning 4 tim

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Svinurin i vårbruk. Ca 13 % under de 4h närmast efter spridning.

Flyt: Uppskattade värden.

Nedbrukning 5-24 tim

Urin: Extrapolerat från nedbr. 4 tim

Flyt: Malgeryd (1996): Nötflyt, nedbrukat dag 2 efter spridning (ca 40 timmar), 10 %

Ingen nedbrukning (ej med i tabell)

Flyt: Svensson & Lindén (1998): Svinflyt i vårbruk, sandjord, 19 %.

Spridning i växande stråsäd

Urin: Uppskattade värden

Flyt: Malgeryd (1996): Svinflyt. Bandspridning 6-7 %, släpfotsbill 0,6-0,7 %.

Sommer m.fl. (1997): Svinflyt till höstvetete, 3 år, År 1 (spridning 19 april): 14 %, År 2 och 3 (spridning 2 maj): 28 respektive 17 %. Vid spridning i höstvetete gav

kortare gröda än 10 cm inget skydd och innebar därför ingen minskning i ammoniakavgången vid bandspridning jämfört med bredspridning.

Spridning vall

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Nöturin, bandspridning: 48 % år 1, 24 % år 2. (Karlsson & Tersmeden, 2001). Nöturin, bandspridning i april, 24 %.

Flyt: Elmquist m.fl. (1996): 1 år, 2 gödselslag, 1 uppr. per gödselslag. Bandspridning 29-50 %.

Vår – Ytmyllning, vall

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Bristfällig ytmyllning: 68 % år 1, 32 % år 2.

Flyt: Elmquist m.fl. (1996): 2 år, 1 uppr. Släpbot 48-49 %, ytmyllning (bristfällig) 13 %.

Huijsmans m.fl. (1997): Nederländska försök utfört på olika jordar, olika tidpunkter (mars-oktober) med främst nötflytgödsel med även svinflyt. Kumulativa förlusterna under 96 timmar efter spridning var i medeltal 9,4 % vid öppen ytmyllning (2 V-ställda skivor) och 0,9 % vid täckt myllning (relativt djupt).

Smith m.fl. (2000): Nötflyt, fuktiga förhållanden 2,1-20,4 % (10 försök), torra förhållanden 17,9-45,2 % (5 försök).

Försommar, sommar – Bredspridning

Vall

Fast: Uppskattade värden

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Nöturin, 3 spridningstekniker, 2 år. Bredspridning 110 % år 1, 103 % år 2.

Flyt: Malgeryd (1996): Nötflytgödsel, bredspridning+bevattning 11 %.

Mattila & Joki-Tokola (2001): Bredspridning i vall, ca hälften av NH₄-N förlorades (Giva 33 –62 ton/ha).

Stråsäd, ej nedbrukning (tidigare ej med i tabellen)

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Svinurin i växande korngröda. N-förluster ca 11 % av utspridd mängd NH₄-N vid bredspridning.

Flyt: Sommer m.fl. (1997): Svinflyt, bredspriden i höstvetete, 3 år. Förlusten var år 1 (spridning 14 juni) 20 %, år 2 (spridning 30 maj): 20 % och år 3 (spridning 6 juni) 18 %. Vid spridning i höstvetete gav kortare gröda än 10 cm inget skydd och innebar därför ingen minskning i ammoniakavgången vid bandspridning jämfört med bredspridning. Höstvetete högre än 20-30 cm gav däremot avgörande skyddande effekt och minskade därmed ammoniakavgången.

Öppen jord (tidigare ej med i tabellen)

Flyt: Malgeryd (1996): Nötflytgödsel, 3 %.

Försommar, sommar – Släpslang

Vall

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Nöturin, 2 år. 52 % år 1, 75 % år 2.

Flyt: Elmquist m.fl. (1996): Nötflytgödsel, spridning 2 år, 1 uppr./led. Förluster 73-122 %, 2 gödselslag.

Rodhe m.fl. (2000a): Mycket torra förhållanden, hård mark, 3 uppr./led. Bandspridning 55 %.

Rodhe, pågående SJV-projekt (hittills 2 år): År 1 mellanlera 44 %, år 2 sandig mo 96 %.

Malgeryd (1996): Nötflyt, 30 %.

Smith m.fl. (2000): Nötflyt, fuktiga förhållanden 9-49 % (10 försök), torra förhållanden 30-62.5 % (5 försök).

Mattila & Joki-Tokola (2001): Bandspridning i vall, ca hälften av NH₄-N förlorades (Giva 33 –62 ton/ha).

Stråsäd, ej nedbrukning

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Svinurin i växande korngröda. Förluster mindre än ca 7 % vid bandspridning.

Flyt: Sommer m.fl. (1997): Svinflyt, bandspriden i höstvet, 3 år. Förlusten var år 1 (spridning 14 juni): 4 %, år 2 (spridning 30 maj) 10,5 %, och år 3 (spridning 6 juni) 9,6 %. Vid spridning i höstvet gav kortare gröda än 10 cm inget skydd och innebar därför ingen minskning i ammoniakavgången vid bandspridning jämfört med bredspridning. Höstvet högre än 20-30 cm gav däremot avgörande skyddande effekt och minskade därmed ammoniakavgången.

Öppen jord (ej tidigare med i tabellen)

Flyt: Malgeryd (1996): Nötflytgödsel, 3 %, omedelbar nedharvning 0,3 %.

Försommar, sommar – Ytmyllning, vall

Urin: Rodhe & Johansson (1996): Nöturin, spridning till andra skörd, 2 år. 3 uppr. per led. Bristfällig ytmyllning 72 % år 1, 47 % år 2.

Flyt: Elmquist m.fl. (1996): Nötflytgödsel, spridning 2 år, 1 uppr./led. Bristfällig ytmyllning (2,5 cm djup) 30 % år 1, 82 % år 2.

Rodhe m.fl. (2000b): Mycket torra förhållanden, hård mark, 3 uppr./led. Ytmyllning med tryck 77 %, ytmyllning Jako-bill 109 %.

Rodhe, pågående SJV-projekt (hittills 2 år): År 1: Mellanlera, ytmyllning med tryck (DGI), bristfällig myllning 65 %, V-formad bill (Jako), bristfällig myllning 83 %, V-ställda skivor (Samson) (5 cm arbetsdjup) 33 %. År 2: Sandig mo, ytmyllning med tryck (DGI), ökar tryck hos gödseln jämfört med tidigare år, förlust 75 %, V-formad bill (Jako), bristfällig myllning större delen av am-N, V-ställda skivor (Samson) (5 cm arbetsdjup) 50 %.

Hansen (2001): Danska försök. Ytmyllning 2 år, olika myllare. År 1 (2 tekniker), 8-12 % förluster, år 2: 3 ytmyllningstekniker 30-35 % och 1 teknik med djupare myllning (7 cm arbetsdjup) ca 10 %.

Smith m.fl. (2000): Nötflyt, fuktiga förhållanden 2,1-20,4 % (10 försök), torra förhållanden 17,9-45,2 % (5 försök).

Huijsmans m.fl. (1997): Nederländska försök utfört på olika jordar, olika tidpunkter (mars-oktober) med främst nötflytgödsel med även svinflyt. Kumulativa förlusterna under 96 timmar efter spridning var i medeltal 9,4 % vid öppen ytmyllning (2 V-ställda skivor) och 0,9 % vid täckt myllning (relativt djupt).

Mattila & Joki-Tokola (2001): Ytmyllning med aggregat utvecklat vid finska Vakola, knappt några ammoniakförluster alls. Enligt Mattila m.fl., (2001) medförde dock ytmyllning ingen högre ts-skörd jämfört med bred- och bandspridning till följd av grödskador orsakade av aggregatet.

Tidig höst – Bredspridning

Omgående nedbrukning

Samtliga gödselslag: Uppskattade värden utifrån andra spridningstidpunkter.

Nedbrukning 4 tim

Flyt: Malgeryd (1996): Svinflyt, slutet av augusti, 7 % på stubb (stubbearbetning)

Övriga gödselslag: Uppskattade värden utifrån andra spridningstidpunkter.

Nedbrukning 5-24 tim

Samtliga gödselslag: Uppskattade värden utifrån andra spridningstidpunkter.

Ej nedbrukning

Urin: Uppskattade värden.

Flyt: Malgeryd (1996): Svinflyt, slutet av augusti, 102 % på stubb, 29 % på bearbetad stubb.

Fast och klet: Malgeryd (1996): Nötgödsel 40 ton/ha, slutet av september. Spridning på stubb respektive bearbetad stubb. Höga procentuella förluster, dock osäkra värden p.g.a. ojämn fördelning av gödseln på marken).

Tidig höst – Släpslang

Omgående nedbrukning

Urin: Uppskattade värden.

Flyt: Svensson & Lindén (1998): Svinflyt i höstbruk, sandjord, (13 sept, Mellby), 1,5 %.

Nedbrukning 4 tim

Urin: Uppskattade värden.

Flyt: Malgeryd (1996): Svinflyt, slutet av augusti, 3 % på stubb (stubbearbetning), 1 % på bearbetad stubb med plöjning 4 tim efter spridning.

Nedbrukning 5-24 tim

Urin och flyt: Uppskattade värden.

Ej nedbrukning

Urin: Uppskattade värden.

Flyt: Malgeryd (1996): Svinflyt, slutet av augusti, 42 % på stubb, 27 % på bearbetad stubb.

Svensson & Lindén (1998): Svinflyt i höstbruk, sandjord, (13 sept, Mellby), 17 %.

Sen höst – Bredspridning

Omgående nedbrukning, Nedbrukning 4 tim och Nedbrukning 5-24 tim

Samtliga gödselslag: Uppskattade värden.

Ej nedbrukning

Fast/klet: Karlsson & Tersmeden (2001): Nötfastgödsel ”kletig fastgödsel” spridd på stubb i november, ca 50 %.

Chambers m.fl. (1997): Nöt- respektive svinfastgödsel spreds på stubb under perioden okt-nov i England. Förluster mellan 30-89 % (medelvärde 64 %).

Karlsson & Salomon (2001): Höstspridning (7 okt, Ultuna) på stubb av färsk resp. mellanlagrad djupströgödsel från nöt resulterande i NH₃-förluster om 90-100 %.

Urin och flyt: Uppskattade värden.

Sen höst – Släpslang

Omgående nedbrukning, Nedbrukning 4 tim, Nedbrukning 5-24 tim samt Ej nedbrukning

Samtliga gödselslag: Uppskattade värden.

Referenser – Lagringsförluster

- De Bode M.J.C., 1991. Odour and ammonia emissions from manure storage. I: Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming (Red: V.C. Nielsen, J.H. Voorburg & P.L. Hermite), 59-66. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Iversen K. & Dorph-Petersen K., 1949. Forsøg med Staldgødningens Opbevaring og Anvendelse. 1936-1946. 412. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur. Tidsskr. Planteavl 52: 69-110.
- Jeppsson K.-H., Karlsson S., Svensson L., Beck-Friis B., Bergsten C. & Bergström J., 1997. Djupströbädd för ungnöt och slaktsvin. Rapport 110. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT). Alnarp.
- Karlsson S., 1996. Åtgärder för att minska ammoniakemissionerna vid lagring av stallgödsel. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 228. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala.
- Karlsson S. & Jeppsson K.-H., 1995. Djupströbädd i stall och mellanlager. JTI-rapport 204. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Kirchmann H., 1985. Losses, Plant Uptake and Utilisation of Manure Nitrogen during a Production Cycle. Acta Agriculturae Scandinavica, Supplementum 24. Stockholm.
- Muck R.E. & Steenhuis T.S., Nitrogen Losses from Manure Storages. Agricultural Wastes 4: 41-54. Great Britain.
- Muck R.E., Guest R.W. & Richards B.K., 1984. Effects of Manure Storage Design on Nitrogen Conservation. Agricultural Wastes 10: 205-220.
- Petersen S.O., Lind A.-M. & Sommer S.G., 1998. Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure. Journal of Agricultural Science 130: 69-79. Cambridge.
- Rodhe L., Richert Stintzing A., Salomon E. & Karlsson S., 2000. Kycklinggödsel till sallat och vitkål. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* 269. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala.
- Rom H.B., Petersen J., Sommer S.G., Andersen J.M., Damgaard Poulsen H., Friis Kristensen V., Hansen J.F., Kyllingsbæk A. (red.) & Jørgensen V. (red.), 1999. Teknologiske muligheder for reduktion af ammoniakfordampningen fra landbruget. Ammoniakfordampning – redegørelse nr. 2. Danmarks Jordbrugsforskning og Danmarks Miljøundersøgelser.
- Sommer S.G., 2000. Tab af næringsstoffer og udnyttelse af husdyrgødning; Dybstrøelse, fast staldgødning og gylle. Stencil. Afdeling for Jordbrugsteknik, Forskningscenter Bygholm, Horsens.
- Sommer S.G., Christensen B.T., Nielsen N.E. & Schjørring J.K., 1993. Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry: effect of surface cover. Journal of Agricultural Science 121: 63-71. Cambridge.
- Steineck S., Svensson L., Tersmeden M., Åkerhielm H. & Karlsson S., 2001. Miljöanpassad hantering av hästgödsel. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* 280. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

Referenser – Spridningsförluster

- Chambers B J; Smith K A; van der Weerden T J (1997). Ammonia emissions following the land spreading of solid manures. In: Nitrogen emissions from grasslands. (Jarvis S C; Pain B F, eds), pp. 275-280. CAB International, Oxon, UK.
- Elmqvist H., Malgeryd J., Malm P. & Rammer C., 1996. Flytgödsel till vall – ammoniakförluster, avkastning, växtnäringens utnyttjande och foderkvalitet. JTI-rapport 220, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Huijsmans J F M; Hol J M G; Bussink D W (1997). Reduction of Ammonia Emission by New Techniques on Grassland. In: Gaseous Nitrogen Emissions from Grasslands (Jarvis S C; Pain B F eds) pp 281-285. CAB International, UK.
- Karlsson S. & Salomon E., 2001. Djupströgödsel till vårsäd – Höst- respektive vårspridning av färsk och mellanlagrad djupströgödsel. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 288. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Karlsson S. & Tersmeden M., 2001. Ammonia emissions from storing and spreading of manure – reference measurements. Projekt LIFE-Ammoniak, 2001-03-31, <http://www.ammoniak.nu>, (2001-04-20).
- Malgeryd J., 1996. Åtgärder för att minska ammoniakemissionerna vid spridning av stallgödsel. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 229, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Mattila P.K. & Joki-Tokola E., 2001 Effect of treatment and application technique of cattle slurry on its utilization by ley: I. Slurry properties and ammonia volatilization. *Accepterad för publicering: Nutrient Cycling in Agroecosystems*.
- Mattila P.K., Joki-Tokola E. & Tanni R., 2001. Effect of treatment and application technique of cattle slurry on its utilization by ley: II. Recovery of nitrogen and composition of herbage yield. *Accepterad för publicering: Nutrient Cycling in Agroecosystems*.
- Rodhe L. & Johansson S., 1996. Urin - spridningsteknik, ammoniakavgång och växtnäringens utnyttjande. JTI-rapport 217, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Rodhe L., Richert Stinzing A., Salomon E. & Karlsson S., 2000a. Kycklinggödsel till sallat och vitkål. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 269, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Rodhe L., Algerbo P-A. & Rammer C. , 2000b. Flytgödselspridning på vall. Ny teknik under svenska förhållanden. JTI-rapport *Lantbruk & Industri* nr 267, JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Smith K A; Jacson D R; Misselbrook T H; Pain B F; Johnson R A (2000). Reduction of ammonia emission by slurry application techniques. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77(3), 277-287, doi:10.1006/jaer.2000.0604.
- Sommer, S.G. & Christensen, B.T., 1989. Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbragt på jordoverfladen. *Tidsskr. Planteavl* 93, 307-321.
- Sommer, S. G., Olesen, J. E. & Christensen, B. T., 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 117, 91-100.
- Svensson L. & Lindén B., 1998. Utnyttjande och förluster av kväve vid ytmyllning av flytgödsel. *Teknik för lantbruket* nr 65, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

Spridningsförluster

Kväveförluster orsakade av ammoniakavgång vid spridning av stallgödsel (% av ammoniumkväve).
Där data finns är siffrorna fetmarkerade, ö = tendens bör ökas, m = tendens bör minskas.

Årstid / Spridningssätt	Nedbrukning	Fastgödsel*)	Urin	Flytgödsel
Vårvinter				
Bredspridning	Spridning på tjäle	20	40	30ö
Släpslang			30	20
Vår				
Bredspridning	Omgående	15	8m	10
	Nedbrukning efter 4 tim	33	14	15
	Nedbrukning efter 5-24 tim	50	20	20
	<i>Spridning i vall</i>	70m	35ö	40
	<i>Spridning i stråsåd</i>		11	20
Släpslang	Omgående		7	5
	Nedbrukning efter 4 tim		14	8
	Nedbrukning efter 5-24 tim		20	10
	Spridning i vall		25	30
	<i>Spridning i stråsåd</i>		<i>10</i>	<i>15</i>
<i>Ytmyllning</i>	<i>Spridning i vall</i>		8	15
Försommar, sommar				
Bredspridning	Spridning i vall	90	60ö	70
	<i>Spridning i stråsåd</i>		10	20
Släpslang	<i>Spridning i vall</i>		40ö	50
	<i>Spridning i stråsåd</i>		10	7
<i>Ytmyllning</i>	<i>Spridning i vall</i>		15	30
Tidig höst				
Bredspridning	Omgående	20	15	5
	Nedbrukning efter 4 tim	35	23	18
	Nedbrukning efter 5-24 tim	50	30	30
	Ej nedbrukning	70	45	70
Släpslang	Omgående		10	3
	Nedbrukning efter 4 tim		18	9
	Nedbrukning efter 5-24 tim		25	15
	Ej nedbrukning		30	40
Sen höst				
Bredspridning	Omgående	10	10	5
	Nedbrukning efter 4 tim	15	15	8
	Nedbrukning efter 5-24 tim	20	20	10
	Ej nedbrukning	30ö	25	30
Släpslang	Omgående		4	3
	Nedbrukning efter 4 tim		11	4
	Nedbrukning efter 5-24 tim		18	5
	Ej nedbrukning		25	15

*) Värdena inkluderar även djupströgödsel, kletgödsel och röt slam