

## Udspredding af gylle: Fordampning af ammoniak og fordeling af udbragt gylle

*Spreading of slurry: Volatilization of ammonia and distribution of applied slurry*

SVEN G. SOMMER

---

### Resumé

Fordelingen af gylle fra to gyllespredere med en højt- og en lavtsiddende central spredeplade samt en spredere med spredebom og seks spredeplader var stærkt påvirket af sidevind. Med centralt placeret spredeplade fordeltes gyllen ujævnt på tværs af kørselsretningen. Der blev målt de mindste mængder midt for og de største i siderne af spredefeltet.

Ammoniak-tabet blev bestemt som forskellen i ammonium-indholdet i gylle før og efter udspredding. Tabet var mindre end 4 pct. af den udbragte

ammonium, uanset om der blev anvendt en gyllespredere med en lavtsiddende spredeplade og et stort spredefelt eller en højtsiddende spredeplade og et lille spredefelt. Der var ingen målelig forskel i ammoniak-tabet ved anvendelsen af de to gyllespredere.

På grund af ammoniak-fordampning kunne indholdet af ammonium i gylleprøverne ændres væsentligt under opbevaring, såfremt prøvebeholderen ikke var helt fyldt og forsynet med tæt-sluttende låg.

**Nøgleord:** Ammoniakfordampning, ammonium, gylle, udspredding, spredefelt og gyllespredere.

### Summary

Two slurry-spreaders equipped with a central sprinkler-plate situated one and two metres above the ground respectively, and one slurry-spreader with a spreading bar having six sprinkler-plates were included in this study. Wind across the driving direction caused an uneven spreading of the slurry. The two spreaders with central sprinkler-plates produced the highest slurry application rate in the sides and the lowest rate in the center of the spreading fan.

The ammonia loss was determined as the differ-

ence in the ammonium content in samples taken from the tank of the spreader and collected during spreading in containers placed on the soil surface. Losses during spreading represented less than 4 per cent of the amount of ammonium applied. Similar losses were found for both spreaders with central sprinkler-plates.

Unless sample containers were filled completely and closed with an airtight lid, a substantial loss of ammonium took place during storage of slurry samples.

**Key words:** Ammonia volatilization, ammonium, slurry, spreading-fan, spreading machine.

## Indledning

Der findes ingen danske og kun enkelte udenlandske undersøgelser af  $\text{NH}_3$ -fordampningen ved udspreddning af gylle, dvs. tab af  $\text{NH}_3$  fra gyllen forlader sprederen, til den rammer jorden. Resultaterne af de udenlandske undersøgelser er meget forskellige. *Besson et al.* (1) fandt tab på 10–14 pct. af gyllens  $\text{NH}_4^+$ -indhold under udspreddning, mens *Pain et al.* (3) fandt tab på mindre end én pct.

Der er derfor behov for målinger af  $\text{NH}_3$ -fordampningen ved udspreddning af gylle. Foruden et bedre kendskab til tabets størrelse, vil det være af interesse at få kendskab til, om tabet varierer med maskintype, idet nye gyllespredere bl.a. udvikles med henblik på at forbedre udnyttelsen af kvælstofindholdet i gylle.

For at sikre det fulde udbytte af den udbragte gylle er en jævn fordeling nødvendig. Som led i undersøgelsen blev fordelingen af gylle med tre forskellige maskintyper derfor undersøgt, herunder indflydelse af vinddrift.

## Metode

$\text{NH}_3$ -tabet blev bestemt som forskellen i  $\text{NH}_4^+$ -indholdet i gylle før og efter udspreddning, da en reduktion i gyllens  $\text{NH}_4^+$ -indhold antages at hidrøre fra  $\text{NH}_3$ -fordampningen i forbindelse med udspreddningen.

$\text{NH}_4^+$ -indholdet i gyllen før udspreddning blev bestemt i prøver udtaget fra gyllesprederens tank før og efter udspreddning. Før hvert forsøg blev gyllen i tanken omhyggeligt blandet.

Den udspreddte gylle blev opsamlet i 6 l opsamlingsbeholdere opstillet i tre rækker på tværs af kørselsretningen (tabel 1). Afstanden mellem opsamlingsbeholderne blev afpasset efter spredebredden. I de første tre forsøg blev der på opsamlingsbeholderen sat tætsluttende låg umiddelbart efter opsamling af den udspreddte gylle, og gyllen blev opbevaret heri i et uopvarmet rum indtil analyse. I de efterfølgende forsøg blev en del af gyllen straks overført til lufttætte bægre (200 ml), der indtil analyse blev opbevaret i køleskab. Bægrene blev fyldt, så de ikke indeholdt luft.

## Analyse

Umiddelbart efter spreddning blev mængden af opsamlet gylle bestemt ved vejning.

Forud for analyse blev opsamlingsbeholderne indeholdende gylle opbevaret i 2 til 6 uger i en kølig gang. Bægrene blev opbevaret maksimalt tre dage i køleskab. Gyllens pH blev bestemt med pH elektrode (Radiometer).  $\text{NH}_4^+$ -indholdet blev bestemt ved destillation efter tilsætning af  $\text{MgO}$  og  $\text{CuSO}_4$ , og  $\text{NH}_3$  blev opsamlet i et forlag indeholdende borsyre og A. C. Andersen indikator. Derpå bestemtes det opsamlede  $\text{NH}_4^+$  ved titrering med  $\text{HCl}$ .

## Opbevaring af gylleprøver

Opbevaringens indflydelse på  $\text{NH}_4^+$ -indholdet i gylleprøver blev bestemt ved at udtage 300 ml gylle fra gyllesprederens tank og opbevare prøverne i seks opsamlingsbeholdere (volumen 6 l) med tætsluttende låg, som beskrevet ovenfor. Ved

**Tabel 1.** Dimensioner af spredfelt og afstand mellem opsamlingsbeholderne.  
*Geometry of slurry fan and distance between the collectors.*

Gyllespreder <i>Slurry-spreader</i>	Sprede- aggregat <i>Application device</i>	Aggregat højde <i>Height</i>	Sprede bredde <i>Width of fan</i>	Sprede længde <i>Length of fan</i>	Afstand mellem <i>Distance between</i>	
					række af opsamlingsbeholdere <i>rows of collectors</i>	opsamlingsbeholdere i rækkerne <i>collectors in rows</i>
nr.		m	m	m	m	m
1	Central spredeplade <i>Central sprinkler-plate</i>	1	11	9,5	6	1,3
2	Central spredeplade <i>Central sprinkler-plate</i>	2	6	4,2	6	0,8
3	Spredebom med seks spredeplader <i>Bar with six sprinkler-plates</i>	1	12	0	6	1,5

denne opbevaringsmetode indeholdt beholderne udover gyllen også 5,7 l luft. Fra de seks opsamlingsbeholdere blev gylle fra to beholdere udtaget til analyse efter henholdsvis 4, 72, 144 timers opbevaring.

Tab af  $\text{NH}_4^+$  ved opbevaring af gylle i 200 ml bægre blev undersøgt ved at opbevare gyllen i 13 helt fyldte bægre med låg. Fem bægre blev tilsat svovlsyre. Indholdet af  $\text{NH}_4^+$  blev efter tre døgn opbevaring sammenlignet med indholdet i gylle opbevaret i bægre uden tilsætning af syre. Den forsuredede gylles pH var mindre end seks, hvilket hindrer  $\text{NH}_3$ -fordampning.

### Tab og fordeling ved udspreddning

I perioden 16. november 1987 til 13. juni 1989 blev der gennemført 15 undersøgelser af ammoniakfordampningen ved udspreddning af gylle. Undersøgelserne gennemførtes på ni forskellige forsøgsdage (tabel 2). Temperaturen varierede mellem  $-1,0^\circ\text{C}$  og  $23,2^\circ\text{C}$  og vindhastigheden mellem 0,6 og 6,7 m/s.

Tre forskellige typer af gyllespredere blev anvendt (tabel 1). Der blev i ét forsøg d. 16. november 1987 anvendt svinegylle. I de øvrige forsøg anvendtes kvæggylle. pH i gyllen var mellem 7,4 og 8,0 før udspreddning. Der blev udspredd mængder svarende til mellem 10 og 41 t/ha.

### Beregninger

$\text{NH}_3$ -fordampningen for hver række af opsamlingsbeholdere blev bestemt som forskellen mellem gennemsnittet af den opsamlede gylles  $\text{NH}_4^+$ -koncentration og koncentrationen i gylle udtaget i gyllespreders tank. I de forsøg, hvor gylleprøvernes vægt blev bestemt, blev der for hver række beregnet et vægtet gennemsnit af  $\text{NH}_4^+$ -koncentrationerne. Derved blev der kompenseret for en ujævn fordeling af gyllen på tværs af kørselsretningen. Tabet blev beregnet på følgende måde:

$$\text{NH}_3(\text{tab}), r = \text{NH}_4^+(\text{tank}) - \frac{\sum_{i=1..7} \text{NH}_4^+, r, i * M, r, i}{\sum_{i=1..7} M, r, i}$$

$\text{NH}_3(\text{tab}), r$ : Ammoniaktab i række r.

$\text{NH}_4^+, r, i$ :  $\text{NH}_4^+$  koncentrationen i række r, og opsamlingsbeholder nr. i.

$M, r, i$ : Opsamlet mængde gylle pr. spand i række r, og opsamlingsbeholder nr. i.

$\text{NH}_4^+(\text{tank})$ : Det gennemsnitlige  $\text{NH}_4^+$ -indhold i gylle udtaget i tanken.

**Tabel 2.** Gyllespredere, gylletype, mængde af udbragt gylle og vejrforhold i løbet af forsøgene. *Slurry spreader, type of slurry, amount of applied slurry and climatic conditions during experiments.*

Dato Date	Gylle- spreader Slurry- spreader	Udbragt mængde Amount	Gyllens pH Slurry pH	$\text{NH}_4^+$ $\text{NH}_4^+$	Gylle- type* Slurry type	Vind- hastighed Wind speed	Vind- retning grader Wind direction degrees	Kørsels- retning grader Driving direction degrees	Temperatur Temperature °C
	nr.	t/ha		pct.		m/s			
16.11.87	1	20	7,6	0,298	Sg	5,1	195	360	7,5
	2	40	7,6	0,298	Sg	5,1	195	360	7,5
08.12.87	1	23	7,9	0,300	Kg	0,6	287	360	-1,0
	2	30	7,9	0,300	Kg	0,6	287	360	-1,0
22.02.88	1	10	8,0	0,276	Kg	3,0	259	360	5,9
	2	56	8,0	0,276	Kg	3,0	259	360	5,9
	3	33	8,0	0,276	Kg	3,0	259	360	5,9
26.08.88	1	27	7,9	0,222	Kg	2,4	130	360	13,7
	2	31	7,9	0,222	Kg	2,4	130	360	13,7
12.10.88	1	28	7,9	0,226	Kg	6,7	92	90	9,6
	2	27	7,9	0,226	Kg	6,7	92	90	9,6
14.12.88	1	29	7,4	0,245	Kg	3,5	330	360	3,9
17.02.89	2	38	7,6	0,257	Kg	2,5	231	180	2,5
10.05.89	2	41	7,7	0,259	Kg	2,6	282	270	11,2
13.06.89	2	41	7,8	0,255	Kg	3,5	99	180	23,2

\* Sg Svinegylle, *Pig slurry.*

Kg Kvæggylle, *Cattle slurry.*

NH<sub>3</sub>-tabet pr. række er en observation for en maskine en bestemt dag. Middelværdi og spredning for NH<sub>3</sub> tabet ved udspredding blev beregnet med SAS proc. glm. procedure (4). NH<sub>3</sub>-tabet er derpå beregnet som pct. af den udbragte mængde NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

pH i gyllen efter spredning blev beregnet ved at omregne pH til hydrogenionkoncentration. Gennemsnittet af hydrogenionkoncentrationen blev beregnet og omregnet til pH.

## Resultater og diskussion

### Ammoniaktab ved opbevaring af gylleprøver

Såfremt gylleprøven kun optager en lille del af prøvebeholderens volumen, vil der kunne ske en netto-fordampning af NH<sub>3</sub>, indtil der opstår ligevægt mellem gyllens og luftens indhold af NH<sub>3</sub>. Da opsamlingsbeholdernes volume var 6 l og gyllen kun optog 200 ml af dette volumen, kunne en del af NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-indholdet tabes fra prøven under opbevaring.

Indholdet af NH<sub>4</sub><sup>+</sup> faldt over seks døgn (tabel 3). Faldet i NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-koncentrationen modsvarer en netto-fordampning, der kan mætte luften i beholderen med NH<sub>3</sub>. Derimod var der efter tre døgn opbevaring i bægre ingen signifikant forskel mellem indholdet af NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i ubehandlet gylle og i forsuret gylle. Opbevaring af gylle i fyldte bægre uden indhold af luft hindrer således NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-tab un-

der opbevaring i op til tre døgn, dvs. den maksimale tid disse prøver blev opbevaret indtil analyse.

### Ammoniaktab ved udspredding af gylle

NH<sub>3</sub>-fordampningen bestemt ved differensmetoden består af tabet under selve udspreddingen og tabet, mens gyllen ligger i opsamlingsbeholderen. Eventuelle tab ved vinddrift af aerosoler bestemmes ikke med differensmetoden. I forsøgene, hvor den opsamlede gylle straks blev hældt over i bægre, var det målte tab mellem 1 og 4 pct. af den udbragte NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (tabel 4). Der var ikke væsentlig forskel på fordampningen ved de to beregningsmetoder. Tabene var uafhængige af temperatur og af de to maskintyper. Dette forhold tilskrives, at gyllens opholdstid i luften er så kortvarig, at eventuelle forskelle i fordampningen ikke er målelige med den her anvendte metode. De målte forskelle i NH<sub>3</sub>-fordampningen skyldes antagelig forskelle i den tid, der er forløbet, inden prøverne blev overført fra opsamlingsbeholdere til bægre.

I de forsøg, hvor gyllen efter opsamlingen blev opbevaret i opsamlingsbeholdere (luftvolumen 5,7 l), fandtes der NH<sub>3</sub>-tab på mellem 7 og 40 pct. af gyllens NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-indhold (tabel 5). De større tab må tilskrives, at der med denne fremgangsmåde efter udspredding skete tab af ammoniak ved opbevaring og håndtering af gylleprøverne.

**Tabel 3.** Ændringer i gyllens indhold af NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ved opbevaring i opsamlingsbeholdere med låg (300 ml i 6 l beholdere) og i fyldte 200 ml bægre med og uden syretilsætning.  
*Change in concentrations of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in slurry stored in collectors (300 ml slurry in 6 l collectors) with lids and in boxes (0,200 l) with untreated and acidified slurry.*

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i gylle opbevaret i opsamlingsbeholdere (6 l).  
*NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in slurry stored in collectors.*

Tid, timer <i>Time hours</i>	4	72	144
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,234 (±0)	0,229 (±0,003)	0,222 (±0,004)

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i gylle opbevaret i lufttætte bægre.  
*NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in slurry stored in airtight boxes.*

Forsuret gylle., <i>Acidified slurry</i>	pct. NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	x = 0,222*	S = 0,005	n = 5
Ubehandlet gylle., <i>Untreated slurry</i>	pct. NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	x = 0,226*	S = 0,005	n = 8

\* Ikke signifikant forskel, 5 pct. niveau.

\* *No significant difference, 5 per cent level.*

**Tabel 4.** Ammoniaktab og ændringer i gyllens pH ved udspreddning af gylle. Gylleprøver opbevaret i 200 ml bægre uden luftvolumen.

*Loss of ammonia and change in slurry pH during application of slurry. Samples were stored in 200 ml boxes without air-filled headspace.*

Dato Date	Gylle- spreader Slurry- spreader	Start pH Start pH	Slut pH Final pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> forskel pct. NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> difference %				NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> tab i pct. af udbragt NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> loss in % of NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> applied	
				Simpelt gns. (1) Average (1)		Mængdevægtet gns. (2) Weighted average (2)		1*	2*
				$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S		
12.10.88	1	7,9	8,0	-0,006	0,001	-0,006	0,002	3	3
	2	7,9	8,0	-0,009	0,001	-0,006	0,001	4	4
14.12.88	1	7,4	7,6	-0,003	0,002	-0,003	0,002	1	1
17.02.89	2	7,6	7,9	-0,005	0,002	-0,005	0,003	2	2
10.05.89	2	7,7	7,7	-0,011	0,001			4	
13.06.89	2	7,8	7,9	-0,004	0,002	-0,005	0,002	2	2

\* 1. Beregnet som et simpelt gennemsnit, *Calculated as a simple average.*

\* 2. Beregnet som et vægtet gennemsnit, *Calculated as weighted average.*

Det målte tab var lavt ved forsøget udført d. 13. juni 1989 selv om lufttemperaturen var høj (23,2°C). Dette skyldes sandsynligvis, at overførslen af gyllen til bægrene skete hurtigere end i de øvrige forsøg. En varieret henliggetid i opsamlingsbeholderen kan medføre en variation i størrelsen af ammoniaktabet. Direkte målinger af NH<sub>3</sub>-fordampningen støtter denne antagelse (3), idet der med en meteorologisk massebalance-

tode blev målt tab på mindre end 1 pct. af den udbragte gylle.

*Besson et al.* (1) undersøgte tabet af NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ved differensmetoden i forsøg, hvor gyllen blev opsamlet på bakker og lå i 20 minutter før prøvetagning. Resultatet viste, at NH<sub>3</sub>-tabet umiddelbart efter udbringning kan være betydeligt, hvis et tyndt lag gylle henligger på jordoverfladen kort tid. Det samme ses af undersøgelser af ammoni-

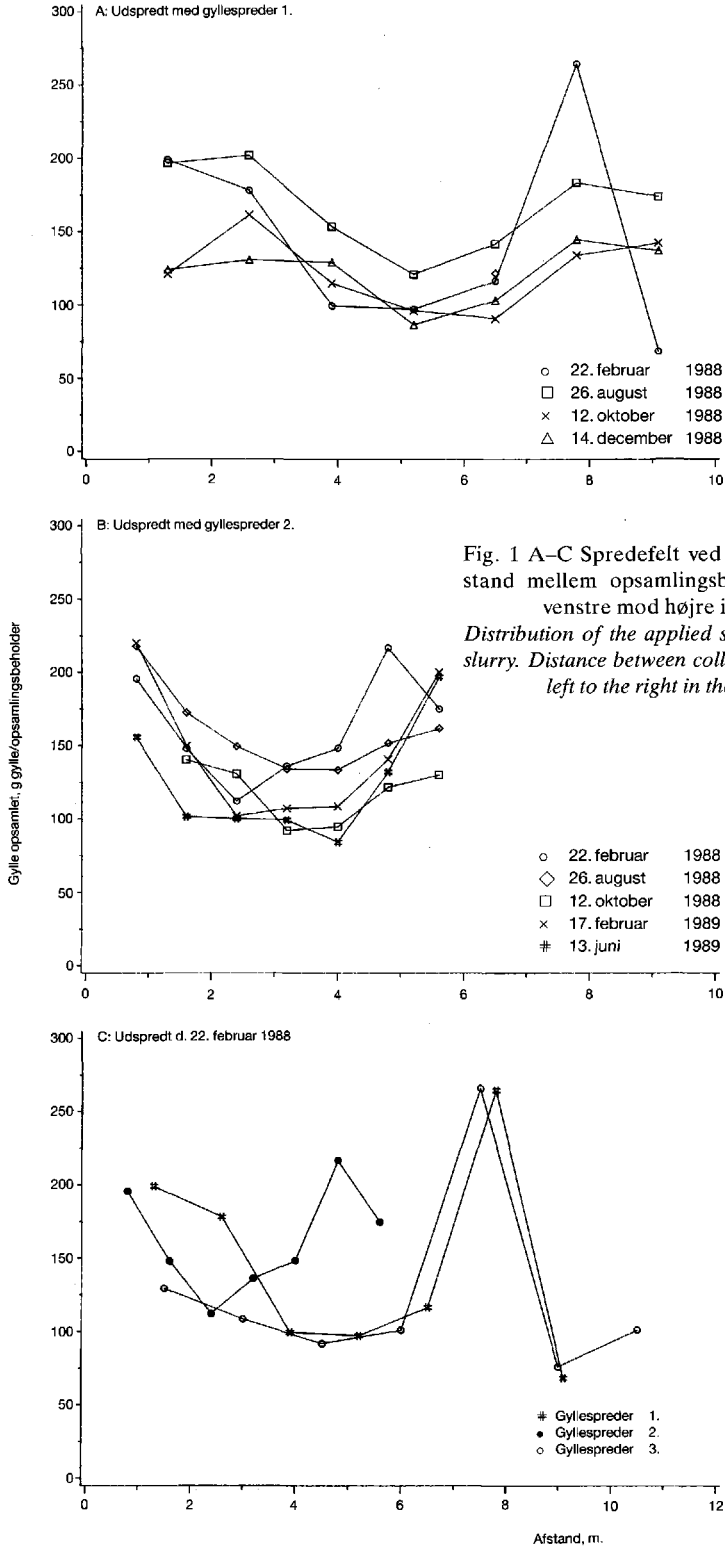
**Tabel 5.** Ammoniaktab og ændringer i gyllens pH ved udspreddning og opbevaring af gylle. Gylleprøver opbevaret i 6 l opsamlingsbeholdere med 5,7 l luftvolumen.

*Loss of ammonia and change in slurry pH during application and storage of slurry. Samples were stored in 6 l containers with air-filled headspace (5,7 l).*

Dato Date	Gylle- spreader Slurry- spreader	Start pH Start pH	Slut pH Final pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> forskel pct. NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> difference %				NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> tab i pct. af udbragt NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> loss in % of content of NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
				Simpelt gns. (1) Average (1)		Mængdevægtet gns. (2) Weighted average (2)		1*	2*
				$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S		
16.11.87	1	7,6	7,1	-0,12	0,011			40	
	2	7,6	9,9	-0,05	0,036			17	
08.12.87	1	7,9	7,3	-0,06	0,022			20	
	2	7,9	7,4	-0,06	0,015			20	
22.02.88	1	8,0	8,4	-0,03	0,006	-0,02	0,003	11	7
	2	8,0	8,4	-0,03	0,001	-0,02	0,001	7	7
	3	8,0	8,5	-0,03	0,002	-0,03	0,002	11	11
26.08.88	1	7,9	-	-0,03	0,007	-0,03	0,006	14	14
	2	7,9	-	-0,02	0,006	-0,03	0,004	9	14

\* 1. Beregnet som et simpelt gennemsnit, *Calculated as a simple average.*

\* 2. Beregnet som et vægtet gennemsnit, *Calculated as weighted average.*



akfordampningen fra gylle på jordoverfladen (2, 5), idet der er målt tabshastigheder på 12,1 kg NH<sub>3</sub>-N/ha pr. time umiddelbart efter udbringning af gylle (3).

Gyllens pH påvirkes af NH<sub>3</sub>-fordampning og af omsætning af organisk materiale i gyllen. I de forsøg, hvor gyllen blev opbevaret kort tid i køleskab, har omsætning næppe haft indflydelse på gyllens pH. Den målte stigning i gyllens pH i disse forsøg (tabel 4) må derfor antages at være forårsaget af en større fordampning af CO<sub>2</sub> end af NH<sub>3</sub> (6). I forsøgene udført i perioden 16. november 1987 – 26. august 1988 (tabel 5), er pH i de tre forsøg faldet og i fire forsøg steget. Dette kan skyldes såvel fordampning af CO<sub>2</sub> og NH<sub>3</sub> som omsætning af organisk materiale, idet gyllen i disse forsøg blev opbevaret i op til seks uger før analyse.

### Fordeling af udspredd gylle

Med de tre gyllespredere blev gyllen spredt ujævnt på tværs af kørselsretningen. Gyllesprederne med centralt placeret spredeplade bragte mere gylle ud i siderne end centralt i spredefeltet (fig. 1A og 1B). En ujævn fordeling kan modvirkes, såfremt spredepladernes indstilling justeres.

Forskellen i spredefeltet mellem forsøgsdage skyldes forskelle i vindpåvirkning. Når vindretningen var vinkelret på kørselsretningen, blev spredefeltet påvirket ved vindhastigheder på 2 til 3 m/s (fig. 1A, 1B og 1C), uanset om gyllen blev udspredd med spredebom eller med central spredeplade.

Af de to gyllespredere med centralt placeret spredeplade var gyllesprederen med størst spredefelt mest følsom over for sidevind. Ved en vindhastighed på 5 m/s og vindretning på langs ad kørselsretning blev spredefeltet ikke påvirket. Spredefeltet fra gyllesprederen med spredebom blev også påvirket af sidevind.

### Konklusion

Med de her anvendte gyllespredere var NH<sub>3</sub>-fordampningen ved udspreddingen af gylle relativt lille sammenholdt med de øvrige ammoniaktab ved husdyrgødningens håndtering. Resultaterne viser, at fordampningen er af samme størrelse,

uanset om gyllen udbringes med gyllespredere med 6 eller 11 m spredebredde.

Fordeling af gylle var meget ujævn ved udspredding af gylle med tre forskellige gyllespredere. Dels varierede mængden af gylle udbragt på tværs af kørselsretningen, dels var spredefeltet meget følsomt over for sidevind. Gyllespredere med bedre fordeling og mindre vindfølsomhed bør udvikles. Placering af gyllen tæt ved jordoverfladen vil bidrage til, at vindeffekten begrænses.

NH<sub>3</sub>-tabet umiddelbart efter udbringning kan være betydeligt. Ved udbringning af gylle i vækstsæsonen kan udlægning af gylle under vegetationen medvirke til en nedsat NH<sub>3</sub>-fordampning og bevirke en mindre vindfølsom og mere ensartet fordeling af gylle på tværs af kørselsretningen. Direkte nedfældning af gylle vil eliminere såvel udbringningstab som det tab, der finder sted mellem udspredding og nedbringning.

### Litteratur

1. Besson, J. M.; Lehman, V. & Roulet, M. 1986. Nitrogen losses due to spreading of cattle and pig slurries after storage, aeration or anaerobic digestion. *I A. Dam Kofoed et al. (eds): Efficient Land Use of Sludge and Manure*. Elsevier Applied Publishers, London & New York, 37-46.
2. Beauchamp, E. G.; Kidd, G. E. & Thurtell, G. 1982. Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. *Can. J. Soil Sci.* 62, 11-19.
3. Pain, B. F.; Phillips, V. R.; Clarkson, C. R. & Klarenbeek, J. V. 1989: Loss of nitrogen through ammonia volatilization during and following the applications of pig or cattle slurry to grassland. *J. Sci. Food Agric.* 47, 1-12.
4. Statistical Analysis System (SAS) Institute Inc. SAS/STAT Guide for Personal computers 1985 edition. Cary, North Carolina, USA.
5. Sommer, S. G. & Christensen B. T. 1989. Fordampning af ammoniak fra svinegyde udbragt på jordoverfladen. *tidsskr. Planteavl* 93, 307-321.
6. Witter, E. & Kirchmann H. 1989. Effects of addition of calcium and magnesium salts on ammonia volatilization during manure decomposition. *Plant and Soil* 115, 53-58.

Manuskript modtaget den 1. december 1989.