



17 AUG. 1993

Ammoniakfordampning fra svinegylle og opkoncentreret biogasgylle

Bestemt med en ny mikrometeorologisk massebalance-metode

Ammonia volatilization from pig slurry and concentrated anaerobic fermented slurry

Measured by a new micrometeorological mass-balance technique

Sven Gjedde Sommer & Jens Petersen
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi
Forskningscenter Foulum, Postbox 23
DK - 8830 Tjele



Ammoniakfordampning fra svinegylle og opkoncentreret biogasgylle

Bestemt med en ny mikrometeorologisk massebalance-
metode

*Ammonia volatilization from pig slurry and
concentrated anaerobic fermented slurry*

Measured by a new micrometeorological mass-balance technique

Sven Gjedde Sommer & Jens Petersen
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi
Forskningscenter Foulum, Postbox 23
DK - 8830 Tjele

Indholdsfortegnelse

Resumé	3
Summary	3
Indledning	4
Materialer og metoder	5
Markplan	5
Gylle analyser	9
Udbyttebestemmelse	9
Måling af ammoniak fordampning	9
Beregninger	10
Resultater og diskussion	11
Fluxen af ammoniak ind i forsøgsparcellerne	11
Nettoflux af ammoniak fra forsøgsparcellerne	14
Ammoniakfordampningen	17
Afgrøderesultater	20
Konklusion	25
Litteratur	26

Resumé

Ammoniakfordampning fra ubehandlet svinegylle og koncentreret biogasgylle efter udbringning ved udlægning med slæbeslange, bredspredning og direkte nedfældning blev undersøgt i parcellforsøg (15 × 15 m) med en atmosfærisk massebalanceteknik baseret på passive fluxmålere. Gylle blev udbragt d. 15. april og 23. maj 1991 i vinterhvede, der var henholdsvis 5-10 cm og 30-35 cm høj. Udbytte samt afgrødens indhold af kvælstof blev bestemt på fire tidspunkter i vækstperioden.

Den atmosfæriske massebalanceteknik viste sig velegnet til denne type forsøg. Dog kan ammoniak fordampet fra en forsøgsparcel påvirke målingerne i en naboparcel. Der bør være mere end 50 m mellem forsøgsparcellerne, og disse må ikke placeres i læ af bygninger, hegn eller træer i vindretningen for parcellerne.

Ved direkte nedfældning i 5 cm's dybde var ammoniaktabet mindre end 50% af tabet fra bredspredt gylle. Direkte nedfældning gav den største effekt ved udbringning af små mængder gylle, hvor tildækning af gylle med jord var næsten fuldstændig. Der var ikke forskel på ammoniaktabet fra gylle, der blev bredspredt og slangeudlagt på jorden i hvede med 22 cm mellem rækkerne (dobbeltrækkeafstand).

Nøgleord: Ammoniak, fordampning, gylle, udbringningsteknik.

Summary

Ammonia volatilization was determined from pig slurry and concentrated anaerobic fermented slurry applied in the field. The slurry was surface applied on the crop canopy, drag hose applied on the soil beneath the crop or directly injected into the soil. Losses were determined by an atmospheric massbalance technique with passive NH_3 -flux samplers. The slurry was applied to six squared plots (15 × 15 m) situated in a winter wheat field. The experiments were conducted during two eight day periods in April and May to a 5-10 cm and 30-35 cm high winter wheat, respectively.

The mass-balance technique was found to be well suited for this type of experiments. To avoid transfer of ammonia between the plots, distances between plots should be more than 50 m. Preferentially the plots should be placed in rows perpendicular to the wind direction.

Ammonia loss from slurry directly injected 5 cm into the soil was less than 50% of that from surface applied slurry. Injection of small slurry amounts was most efficient, because of a better soil coverage of the furrows. There were no differences in ammonia losses from slurry spread on the crop canopy and slurry applied on the soil beneath the crop rows by drag hoses.

Key words: Ammonia, volatilization, slurry, application-technique.

Indledning

Koncentreret anaerobt omsat gylle indeholder mere uorganisk kvælstof i form af ammonium end ubehandlet gylle. Det er hovedsagelig gyllens indhold af ammonium, der er plantetilgængeligt i den første vækstsæson efter gødskning. Da ammoniakfordampning fra den udbragte gylle reducerer gødningsvirkningen, bør gylle udbringes så ammoniaktabet er mindst muligt og den samlede gødningsstilførsel må justeres under hensyntagen til det forventede ammoniaktab.

Fra bredspredt kvæg- og svinegylle fordamper en betydelig del af ammoniumindholdet i løbet af de første 12 timer efter udbringning (Horlacher og Marschner, 1990, Thompson *et al.*, 1990). Tabene er især store, hvis udbringningen sker i perioder med høje temperaturer (Sommer *et al.*, 1991). Ved anaerob omsætning af gylle ændres indholdet af syrer og baser samt gyllens pH (Paul og Beauchamp, 1989). Derfor kan ammoniaktabet fra koncentreret anaerob gylle afvige fra ammoniaktabet fra ubehandlet gylle. Ved koncentreret af gylle ved omvendt osmose tilsættes endvidere syre.

Ammoniaktabet kan begrænses ved direkte nedfældning af gylle (Sommer og Christensen, 1990) samt ved udbringning af gylle med slæbeslanger på bevoksede arealer (Bless *et al.*, 1991). Ved dyb nedfældning (15-20 cm) af ubehandlet gylle kan der skabes reducerende forhold i jorden, hvorved denitrifikation kan finde sted (Thompson *et al.*, 1987; Petersen, 1992 b). Derved reduceres gødningsvirkningen af gyllen. Det er vist at denitrifikation ved dyb nedfældning (15-20 cm) af anaerobt omsat gylle er lavere end ved nedfældning af ubehandlet gylle (Ørtenblad *et al.* 1990).

En massebalancemetode baseret på passive ammoniak flux-samlere blev benyttet til måling af ammoniaktabet under markforhold (Schjørring *et al.*, 1992). Metoden har ikke tidligere været anvendt til mange samtidige målinger af ammoniaktab fra gødning udbragt i samme mark, og

resultaterne blev derfor benyttet til en evaluering af metoden. Ammoniaktabet fra koncentreret anaerobt omsat gylle og ubehandlet svinegylle blev undersøgt. Gyllen blev udbragt i vinterhvede ad to gange i vækstsæsonen og med tre forskellige udbringningsmetoder. Udbyttet og afgrødens indhold af kvælstof blev bestemt.

Materialer og metoder

Der blev anvendt en ubehandlet svinegylle og et gyllekoncentrat (Tabel 1). Gyllekoncentratet blev leveret af biogasanlægget Linkogas i Rødding, og bestod af en blanding af kvæg- og svinegylle med op til 20% organisk affald fra fødevarerindustrier. Efter anaerob omsætning blev fibre og partikulært materiale frasepareret og den resterende fraktion koncentreret 2-3 gange ved omvendt osmose. Den opkoncentrerede fraktion (gyllekoncentratet) blev benyttet i forsøget. De to gylletyper blev udbragt ved bredspredning, udlægning med slæbeslanger og direkte nedfældning. Slæbeslangerne og nedfældertænderne var monteret med 24 cm afstand. Nedfældertanden var 1,5 cm bred og der blev nedfældet til 5 cm dybde. En efterharve var monteret for at lukke furen efter nedfældertanden. Det anvendte udstyr er beskrevet i detaljer af Petersen (1992a).

Markplan

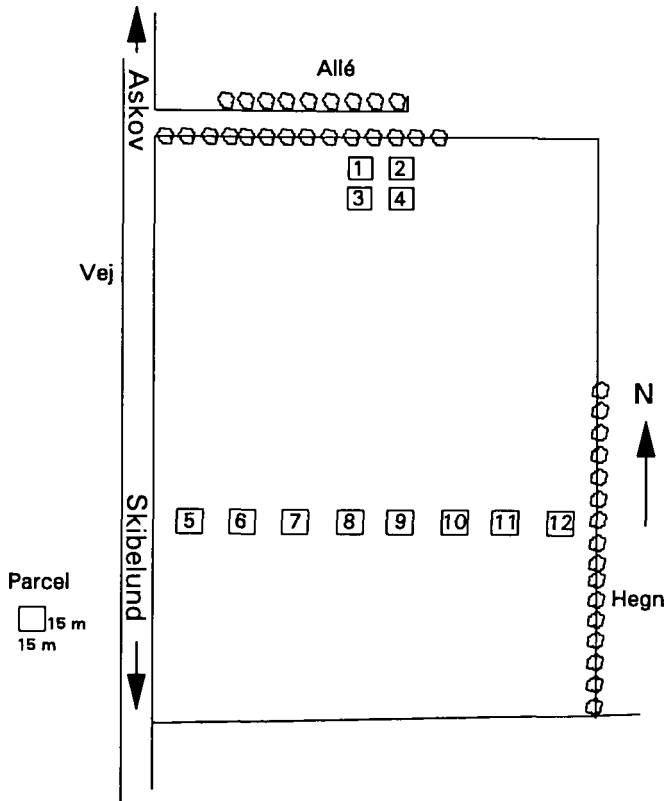
Forsøgsbehandlingen blev foretaget i Kraka vinterhvede sået på 24 cm rækkeafstand. Denne rækkeafstand blev valgt for at undgå, at afgrøden blev skadet af nedfælderudstyret. På hele forsøgsarealet blev der foretaget kemisk bekæmpelse af ukrudt og sygdomme, samt vækstregulering. Af hensyn til metoden for måling af ammoniakfordampning var parcellernes størrelse 15 gange 15 m². I de to forsøg blev gyllen udbragt i parceller med en afstand på 15-45 m i øst-vestlig retning og 100 m nord-sydlig (Figur 1). Forsøget blev udført uden gentagelser.

Vinterhveden blev gødet med 40 kg N pr. ha i kalkammonsalpeter den 18. marts 1991. Ved første udbringning af gylle d. 15. april 1991 blev der udbragt 140 kg NH₄⁺-N pr. ha i gylle på parcellerne nr. 3, 4, 6, 8, 10 og 12 (april-forsøget), og de øvrige parceller (nr. 1, 2, 5, 7, 9 og 11) blev gødet med 60 kg N pr. ha i kalkammonsalpeter. Ved anden udbringning af gylle d. 23. maj 1991 blev der udbragt 80 kg NH₄⁺-N pr. ha i gylle (maj-forsøget). I alt blev der udbragt 180 kg uorganisk kvælstof til hver parcel. Vejrbetingelserne i forsøgsperioderne fremgår af tabel 2.

Tabel 1. Kemisk sammensætning og mængder af de anvendte gylletyper samt hvedens højde og udviklingstrin i henhold til Feekes skala.

Chemical composition and amount of added slurry. Height of the winter wheat and developmental stage according to Feekes scale.

Forsøgs- periode	Gylle Slurry						Vinterhvede Winter wheat	
	type	mængde tons ha ⁻¹	NH ₄ ⁺ -N g l ⁻¹ kg ha ⁻¹		total-N g l ⁻¹	pH	tørstof %	højde cm Feekes skala
<i>Experi- mental period</i>	<i>type</i>	<i>amount t ha⁻¹</i>	<i>NH₄⁺-N g l⁻¹ kg ha⁻¹</i>		<i>total-N g l⁻¹</i>	<i>pH</i>	<i>dry matter %</i>	<i>height cm Feekes scale</i>
April April	svinegylle pig slurry	32,5	4,0	130	5,4	7,9	4,25	5-10 4
	gyllekoncentrat concentrated slurry	26,4	5,1	135	7,1	8,1	5,48	5-10 4
Maj May	svinegylle pig slurry	19,5	4,1	80	5,4	7,8	3,72	30-35 8
	gyllekoncentrat concentrated slurry	14,0	5,3	74	7,9	8,2	6,30	30-35 8



Figur 1. Skitse af forsøgsarealet med angivelse af parcellernes placering og numre og beskrivelse af omgivelserne.

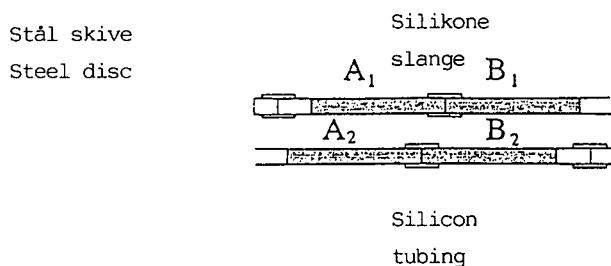
Map showing locations of the experimental plots (numbered) and a description of the surroundings.

Tabel 2. Middel, max. og min. værdier for lufttemperaturen og vindhastighed samt nedbør målt på Klimastationen ved Askov Forsøgsstation.

Rain, mean, min. and max. air temperature and wind speed during the experiments. From the automatic climate station at Askov Experimental Station.

Forsøgs- periode	Temperatur °C			Vindhastighed, m s ⁻¹			Nedbør, mm
	middel	min.	max.	middel	min.	max.	
<i>Experimental</i> period	<i>Temperature, °C</i>			<i>Wind speed, m s⁻¹</i>			<i>Rain, mm</i>
	mean	min.	max.	mean	min.	max.	
April 1. døgn <i>April, day 1</i>	6,8	2,6	14,0	4,4	2,4	8,8	0,6
April 2.-8. døgn <i>April, day 2-8</i>	8,4	-3,1	9,1	3,1	0,0	9,2	6,2 *
Maj 1. døgn <i>May, day 1</i>	8,3	4,3	13,2	2,2	0,2	5,8	0,0
Maj 2.-8. døgn <i>May, day 2-8</i>	10,8	5,3	22,4	1,6	0,0	4,9	0,2

* Fordelt med 3,4 og 1,7 mm på henholdsvis 5 og 6 døgn fra forsøgets start.
Respectively 3.4 and 1.7 mm were measured day 5 and day 6.



Figur 2. Tegning af en passiv fluxmåler. En fluxmåler består af 4 glasrør (Længde 100 mm, indre diameter 7 mm), belagt på indersiden med en hinde af oxalsyre. Glasrørene er forbundet to og to i serier ved hjælp af en siliconeslange. For enden er påsat en blænde (10 mm), bestående af et kort glasrør pålimet en rustfri stålskive (tykkelse 0,05 mm) med et cirkulært hul (diameter 1 mm).

Outline of a passive flux sampler. The fluxsampler consists of 4 glass tubes (length 100 mm, inner diameter 7 mm) coated with oxalic acid on the inner surface. The tubes were connected two and two in series with silicone tubings. Each pair of tubes were furthermore connected a glass tube (length 10 mm). To this glass tube were glued a stainless steel disc (thickness 0.05 mm) with a hole (diameter 1 mm) in the center.

Gylle analyser

Ammonium indholdet ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) i gyllen blev analyseret ved MgO-distillation af ammoniak, der blev opsamlet i borsyre-indikator opløsning og titreret med 1/14 N saltsyre, (Sommer *et al.*; 1992a). Total-N blev analyseret ved Kjeldahl destruktion og med en Tecator Kjeltex Auto 1030 analyser. Tørstofindholdet blev bestemt ved 80°C. Gyllens pH blev bestemt med en standard elektrode (Radiometer).

Udbyttebestemmelse

Bestemmelse af tørstofudbyttet blev foretaget d. 4. og d. 20. juni samt d. 16. juli og bestemmelse af kerne- og halmudbyttet ved modenhed d. 23. august. Indholdet af kvælstof blev bestemt og kvælstofoptagelsen beregnet.

Måling af ammoniak fordampning

Ammoniaktabet blev bestemt med en mikrometeorologisk massebalancemetode baseret på passive ammoniak fluxmålere (Schjørring *et al.*, 1992). Med fluxmålerne bestemmes nettotransporten af gasformig ammoniak ud af forsøgsparcellen, og ammoniaktabet beregnes på arealbasis.

Ammoniakfluxmålerne består af glastrør, der indvendigt er belagt med en hinde af oxalsyre (Figur 2). Glasrørene er forbundet to og to med en kort silikoneslange. I den ene ende af hvert rørsæt er der med silikoneslange tilsluttet en blænde, som består af et kort glastrør pålimet et rustfrit stålfolie (tykkelse 0,05 mm). I midten af stålfoliet er et cirkulært hul med en diameter på 1 mm. Fluxmålerne blev ved aprilforsøgets start opsat på master midt på hver side af forsøgsparcellerne i højderne 20, 60, 100 og 185 cm over jordoverfladen. I majforsøget var fluxmålerne placeret 10 cm højere. I hver højde blev der vandret anbragt en fluxmåler bestående af 4 rør. Det ene rørsæt med sonden vendende mod forsøgsparcellen, og det andet sæt med sonden vendende mod omgivelserne. Fluxmålerne var placeret med længderetningen vinkelret på parcelsiden.

Efter 24 timers exponering blev alle fluxmålerne udskiftet. Det andet sæt af fluxmålere blev taget ned efter 7 døgn. Ammoniaktabet blev således sammenlagt målt over en periode af 8 dage efter udbringning af gyllen. Både før og efter måling blev fluxmålerne opbevaret tæt tillukket med plastikhætter. I laboratoriet blev rørenes indhold af absorberet ammoniak og oxalsyre elueret med 3 ml redestilleret vand. Ammoniumindholdet i eluatet blev bestemt spektrofotometrisk på en autoanalyser ved Berthelot farvereaktionen (Searle, 1984).

Beregninger

Ammoniakfluxen (F_{hz} , g $\text{NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) gennem 2 rør med åbning i samme retning beregnes med følgende ligning, hvor A_1 og A_2 er indholdet af ammonium i eluatet (0,003 l) i de to rør (ppm $\text{NH}_4^+\text{-N} = 0,001 \text{ g N l}^{-1}$), r er radius i hullet på sonden ($5 \times 10^{-4} \text{ m}$), Δt er eksponeringstid (s), og K en eksperimentel bestemt (Schjørring *et al.*, 1992) korrektionsfaktor ($K=0,77$):

$$F_{hz} = \frac{(A_1 + A_2) \times 0.003}{2 \times \pi \times r^2 \times 0.77 \times \Delta t} \quad 1)$$

Ved at indsætte radius i ligningen fremkommer udtryk:

$$F_{hz} = \frac{(A_1 + A_2) \times 2.479}{\Delta t} \quad 2)$$

Den horisontale flux (F_{hz} , g $\text{NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ periode}^{-1}$) er derved beregnet for den periode hvor absorbereren har været exponeret, dvs. henholdsvis 1 og 7 døgn. Ammoniaktabet (T , g $\text{NH}_3\text{-N m}^{-2} \text{ periode}^{-1}$) fra forsøgsparcellen blev beregnet med følgende ligning:

$$T = \frac{1}{X} \sum_{h=1}^{h=4} \sum_{z=1}^{z=4} (F_{hz,u} - F_{hz,i}) \times \Delta h \quad 3)$$

hvor $F_{hz,i}$ og $F_{hz,u}$ respektivt er den horisontale flux ind i og ud af forsøgsparcellen, i hver højde (h) på hver mast (z), Δh er højde intervallerne de enkelte fluxmålinger repræsenterer, og x er sidelængden af forsøgsparcellen (15 m). Den horisontale netto ammoniakfluxen (netF_h) fra forsøgsparcellen defineret ved følgende ligning:

$$netF_h = \sum_{z=1}^{z=4} (F_{hz,u} - F_{hz,i}) \quad 4)$$

er lineært korreleret til den naturlige logaritme til højden over overfladen:

$$netF_h = a \times \ln(h) + b \quad 5)$$

Den horisontale flux fra forsøgsarealet over overfladen kan derfor beregnes med følgende ligning:

$$T = \int_{h_1}^{h_2} (a \times \ln(x) + b) dx \Rightarrow \quad 6)$$

$$T = [a \times (x \times \ln(x) - x) + b \times x]_{h_1}^{h_2} \quad 7)$$

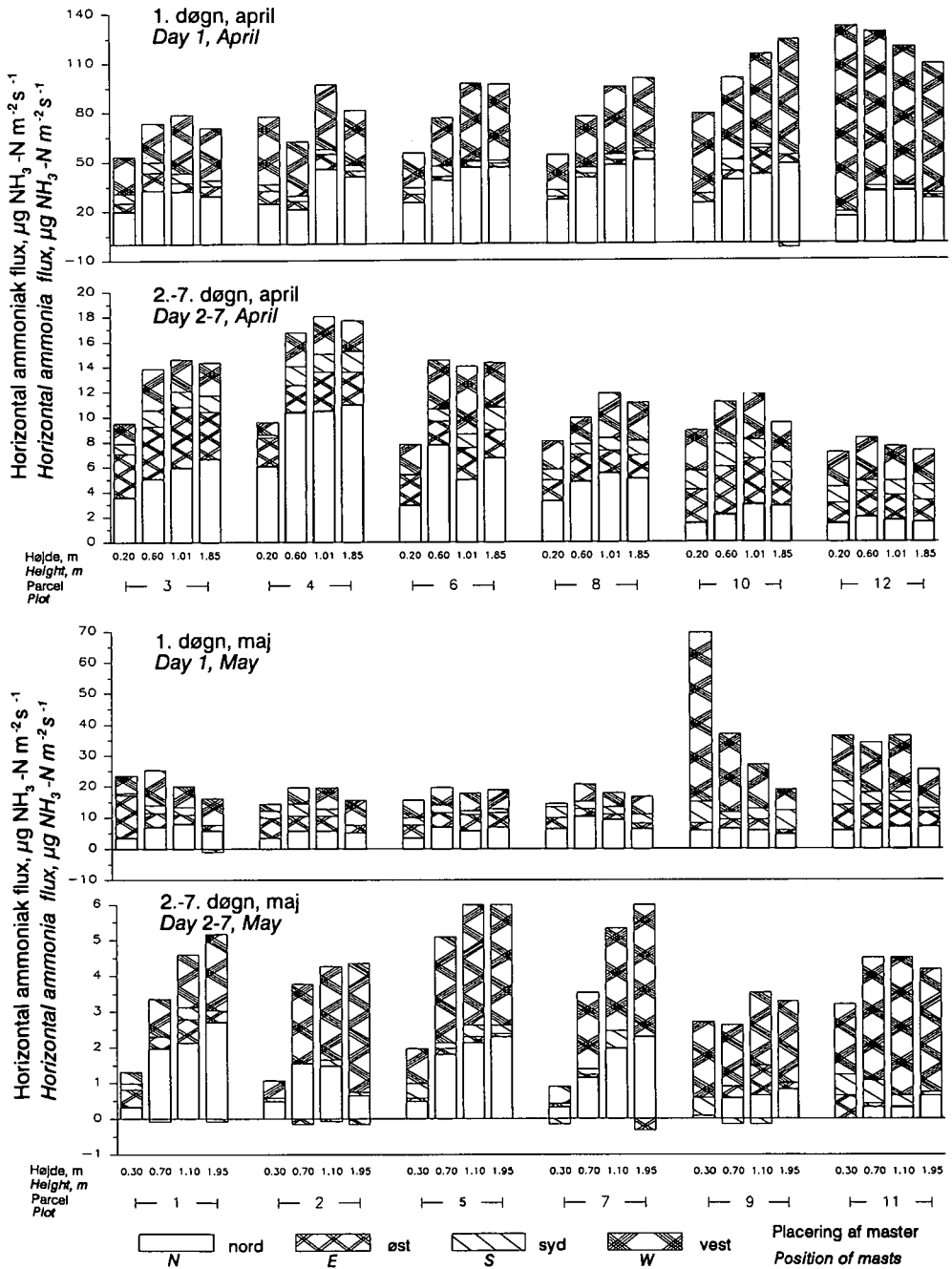
h_1 er afstanden til jordoverfladen, hvor vindhastigheden og dermed den horisontale ammoniakflux er 0, og svarer til afstanden for nulplanforskydningen (Høgh Smith, 1982), h_2 er højden, hvor nettoammoniakfluxen er nul.

Resultater og diskussion

Fluxen af ammoniak ind i forsøgsparcellerne

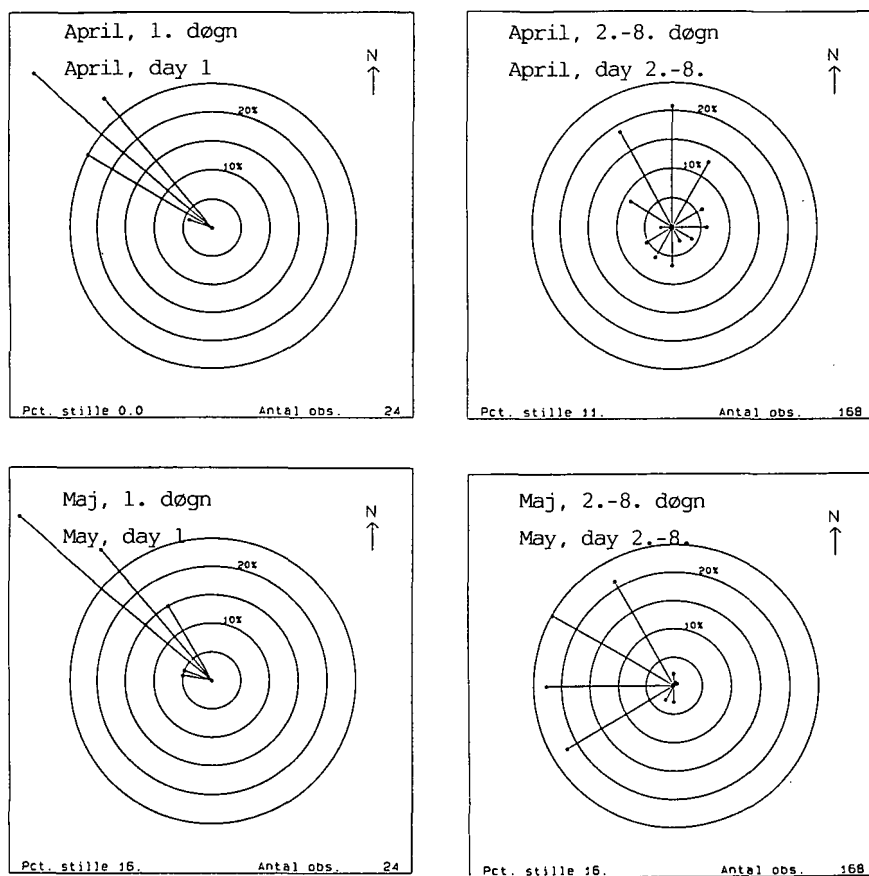
Ammoniakfluxen er lineært afhængig af ammoniakkoncentrationen og vindhastigheden. Fluxen fra omgivelserne og ind i forsøgsparcellerne (Fig. 3) kan derfor beskrives ud fra kendskabet til vindhastigheden, og hændelser i omgivelserne, der kan have påvirket den atmosfæriske ammoniak-koncentration.

I forsøgene var vindretningen hovedsagelig nordlig eller nord-vestlig (Fig. 4). Derfor blev den mindste flux af ammoniak ind i parcellen (baggrund) målt øst og syd for forsøgsparcellerne (Fig. 3) bortset fra 2. - 7. døgn i aprilforsøget, hvor vinden i perioder også kom fra øst og syd. Hvis den akkumulerede ammoniakflux ud af forsøgsparcellerne overstiger fluxmålerens NH_3 -absorptions



Figur 3. Horizontal ammoniakfluxen fra omgivelserne ind i forsøgsparcellerne.

The horizontal background ammoniaflux from the surroundings.



Figur 4. Vindroser med angivelse af vindretningen det første døgn og døgn 1-8 i forsøgsperioderne (H. Mikkelsen, pers. kommunikation).

Wind roses showing the wind directions day one and day two to eight of the experimental periods.

kapacitet (dvs. i de rør der pegede ind mod parcellen) ville ammoniak strømme igennem de serielt forbundne rør. Derved vil de rør, der pegede væk fra parcellen (baggrund), opsamle fordampet ammoniak, og baggrundsværdierne i læ vil være større end i vindsiden, idet det ammoniak der bestemmes som baggrund i læsiden hovedsagelig stammer fra prøveforberedelser og analysen. Da dette ikke var tilfældet har fluxmålere haft kapacitet til at opsamle ammoniakfluxen inde fra forsøgsarealet.

Den 15. april 1991 blev der bragt gylle ud på en nabomark beliggende i vindsiden ca. 300 m nord-vest for parcel 5 og 300 m vest for parcel 3 (Fig. 1). Ammoniakfordampning fra denne mark medførte, at der blev målt en høj ammoniakflux fra nord og vest ind i parcellerne det første døgn i aprilforsøget (Fig. 3). Baggrundsfluxen målt i perioden, hvor der blev bragt gylle på nabomarken, var næsten lige så stor som netto fluxen fra forsøgsparcerne, hvor der blev bredspredt gylle. Derved målt ammoniaktabet som en lille difference på to store ammoniakfluxer, og resultatet blev derfor upræcist.

Fra områder med lav afgivelse af ammoniak stiger ammoniakfluxen (baggrund) med højden over jorden, som følge af stigende vindhastigheder (Fig. 3). Når ammoniakfluxen ikke stiger med højden i enkelte forsøg skyldes det, at ammoniak fordampet fra gylle udbragt umiddelbart udenfor forsøgsparcellen har øget den indadgående flux målt ved de nederste fluxsamlere. Endvidere viser målingerne, at fluxen ind i parcellen er lavest i perioden 2. - 7. døgn i majforsøget, hvor også den laveste vindhastighed blev målt.

Den 17. april blev der bragt gylle ud på en naboparcel ca. 50 m nord for parcel nr. 8 (Fig. 1). Ammoniak fordampet fra den udbragte gylle medførte, at fluxen fra nord og ind i parcel 8 var højere end i de øvrige parceller i perioden 2. - 7. døgn i april (Fig. 3). Baggrundsværdierne kan således blive påvirket af gylleudbringning på mindre arealer beliggende i vindsiden og i en afstand mindre end 50 m fra forsøgsparcerne.

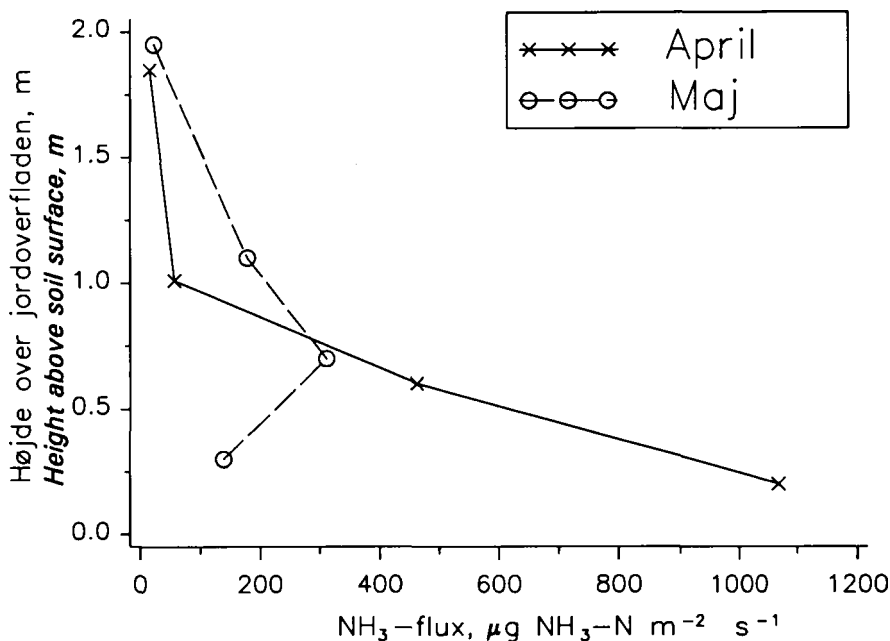
Nettoflux af ammoniak fra forsøgsparcerne

I et område med uforstyrrede vindprofiler vil nettofluxen af ammoniak ud af forsøgsparcerne aftage eksponentielt med stigende højde (Schjørring *et al.*, 1992, Ryden og McNeill, 1984). Heraf følger at ammoniakfluxen er lineært korreleret med den naturlige logaritme til højden over fladen, hvorfra der udsendes ammoniak. Denne højde regnes fra jordoverfladen i april og fra overfladen af hveden i maj (Tabel 3).

I majforsøget voksede vinterhveden op over de nederste fluxsamlere, der var placeret i 30 cm's højde. Dette medførte, at netto-fluxen var lavere i 30 cm end i 70 cm højde (Fig. 5). I majforsøget kan fluxen målt i 30 cm højde derfor ikke benyttes ved bestemmelse af den lineære korrelation mellem nettofluxen og den naturlige logaritme til højden over overfladen.

Tabel 3. Den lineære korrelation mellem netto-ammoniakfluxen fra forsøgsparcellen (ligning 4), og den naturlige logaritme til højden fra overfladen (ligning 5). Overfladen var jorden og afgrøden i henholdsvis april og maj forsøget. *Linear regression equations and correlation coefficients for the relationship between horizontal net flux of ammonia (equation 4) and logarithm of height above the surface (equation 5). In the April and the May experiment surface was considered to be the soil and the top of the canopy, respectively.*

Parcel nr.	Udspretningsmetode/Gylletype	Parameterestimer					
		1. døgn			2.-8. døgn		
		day 1			day 2-8		
Exp.plot no.	Method of application/Type of slurry	a	b	r ²	a	b	r ²
April							
3	Bredspredning/Svinegylle <i>Broadspread/Pig slurry</i>	-298	196	1,00	-13	11	0,99
4	Bredspredning/Gyllekoncentrat <i>Broadspread/Concentrated slurry</i>	-213	221	0,96	-7	9	0,99
6	Slæbeslange/Svinegylle <i>Applied by drag hoses/Pig slurry</i>	-506	244	0,98	-30	17	0,98
8	Slæbeslange/Gyllekoncentrat <i>Applied by drag hoses/Concentrated slurry</i>	-473	193	0,95	-14	13	0,95
12	Nedfældning/Svinegylle <i>Direct injection/Pig slurry</i>	-85	25	0,96	-8	5	0,99
10	Nedfældning/Gyllekoncentrat <i>Direct injection/Concentrated slurry</i>	-193	96	0,98	-17	6	0,97
Maj							
2	Bredspredning/Svinegylle <i>Broadspread/Pig slurry</i>	-45	77	0,75	-4	4	0,96
1	Bredspredning/Gyllekoncentrat <i>Broadspread/Concentrated slurry</i>	-131	118	0,999	-3	4	0,96
7	Slæbeslange/Svinegylle <i>Applied by drag hoses/Pig slurry</i>	-190	116	0,998	-9	8	0,97
5	Slæbeslange/Gyllekoncentrat <i>Applied by drag hoses/Concentrated slurry</i>	-183	94	0,99	-7	6	0,99
9	Nedfældning/Svinegylle <i>Direct injection/Pig slurry</i>	-9	3	0,87	-1	2	0,88
11	Nedfældning/Gyllekoncentrat <i>Direct injection/Concentrated slurry</i>	-11	8	0,96	-3	2	0,98



Figur 5. Horizontal netto ammoniakfluxen det første døgn efter udbringning af gylle med slæbeslange i april og maj, hvor afgrødens højde var henholdsvis 5 og 30 cm.

Horizontal net-ammoniaflux day one after surface application of slurry with drag hoses in April and May. The height of the winter wheat was 5 cm in April and 30 cm in May.

Den lineære korrelation mellem nettofluxen fra forsøgsarealerne og den naturlige logaritme til højden over hvedens overflade var høj (Tabel 3). Dog udviste målingerne fra det første døgn i majforsøget en lidt lavere korrelation fra parcel 2 og 9. (Tabel 3). Sandsynligvis afveg målingerne fra parcel 2 fra det forventede eksponentielle forløb (Tabel 3) som følge af turbulens skabt af alléen nord for parcellerne 1-4 (Fig. 1), der mandede ud ved parcel 2. I alle forsøgene var netto ammoniakfluxen målt med den øverste fluxmåler lav. Løses ligning (5) med estimerne angivet i tabel 3 kan det beregnes, at i hovedparten af forsøgene var nettofluxen nul ved højder under 2,7 m. På grund af turbulente vindstrømme var nettofluxen nul i større højde for enkelte af de parceller, der lå tæt på alléen eller hegnet.

Ammoniakfordampningen

Ammoniakfordampningen fra forsøgspareller kan beregnes med ligning (3) som angivet af Schjørring *et al.* (1992). Tabet fra forsøgsarealet kan også beregnes med ligning (7), idet der for majforsøget regnes med, at den horizontale netto flux aftager eksponentielt med stigende højde over luftlagene over afgrøden. Den horizontale netto flux i afgrøden beregnes under antagelse af, at ammoniakfluxen målt i 30 cm højde er repræsentativ for den gennemsnitlige horizontale nettoflux fra overfladen af hveden til den højde i afgrøden, hvor den horizontale nettoflux er nul (Denmead *et al.*, 1982). Nulplansforskydningen indgår også i beregningerne af den horizontale ammoniakflux med ligning (3).

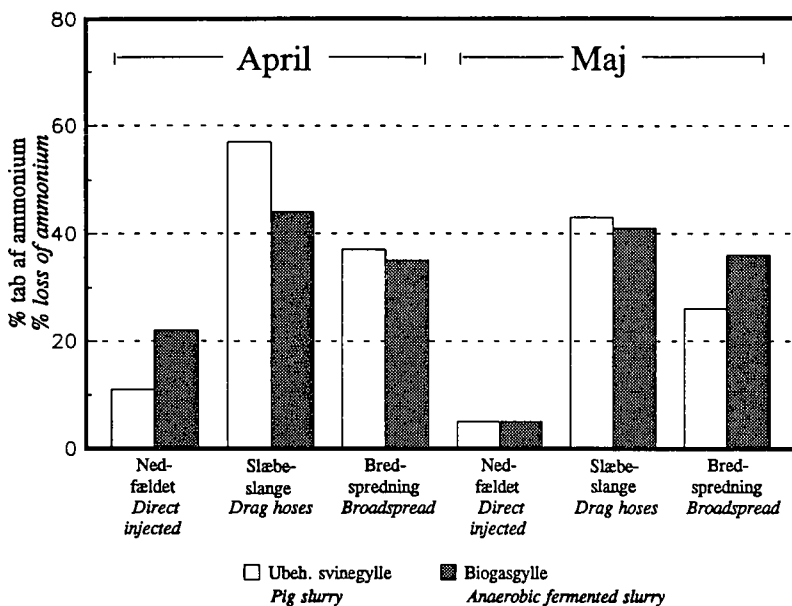
I aprilforsøget er ammoniaktabet beregnet med ligning (7) af samme størrelse som beregnet ved ligning (3) (Tabel 4). I majforsøget er ammoniaktabet beregnet med ligning (7) lavere end beregnet med ligning (3). Forskellen skyldes formentlig at tabet er overestimeret med ligning (3), fordi der kun er en måling til beregning af fluxen på den del af kurven, hvor nettofluxen er størst. Da nettofluxen kan simuleres med høj korrelation med ligning (5) i hovedparten af forsøgene (Tabel 3) er ammoniaktabet i det følgende beregnet med ligning (7).

Mere end halvdelen af det samlede ammoniaktab fandt sted i løbet af det første døgn efter udbringning af gylle. Dette er også vist i vindtunnel-forsøg (Sommer *et al.*, 1991). Ved udbringning af gylle med slæbeslanger og ved bredspredning skete ca. 2/3 af det samlede tab i løbet af det første døgn. Efter direkte nedfældning var ca. halvdelen af de samlede tab sket i løbet af det første døgn. Et lignende forløb i tabet af ammoniak efter nedfældning af gylle er målt i vindtunneller. Det er foreslået, at den høje andel af det samlede tab efter det første døgn kan skyldes, at der ved fordampning af vand sker en konvektiv transport af det nedfældede ammonium til jordoverfladen (Sommer og Christensen, 1990). Det er vist, at ammonium transporteres konvektivt med vand under udtørring af jorden, og at dette kan bidrage væsentligt til ammoniaktabet fra nedbragt urea (Kirk og Nye, 1991).

En større del af det udbragte ammonium fordampede fra gylle udbragt med slæbeslanger i april end i maj (Fig. 6). Forskellene kan skyldes forskelle i vejrforholdene og afgrødehøjden. Da gennemsnitstemperaturen i de to perioder var næsten ens (Tabel 2), kan de større tab i april tilskrives den større vindhastighed i april end i maj, og den større højde af hveden i majforsøget der kan have reduceret den konvektive transport af atmosfærisk ammoniak fra gyllen.

Tabel 4. Ammoniakfordampning fra udbragt svinegylle og gyllekoncentrat (anaerobt omsat) tilført vinterhvede, 5 cm (april) og 35 cm (maj) høj. Ammoniaktabet er beregnet som den horisontale nettoflux med ligning 3, og ved ligning 7. I majforsøget blev den horisontale nettoflux over afgrøden beregnet med ligning 7 og dertil blev adderet nettofluxen i afgrøden (Nettofluxen i afgrøden er angivet i parentes, DH = 0,15 m. Nulplansforskydning i majforsøget var 0,15 m). Loss of ammonia from pig slurry and anaerobic fermented slurry applied to winter wheat, in April (5 cm height) and May (35 cm height). The loss is calculated by equation 3 and 7. In the May experiment the horizontal flux within the crop canopy was added to the flux calculated by equation 7 (The flux within the canopy in brackets, DH = 0,15 m. Zeroplane displacement in the May experiment was 0.15 m).

Udsprengningsmetode/Gylletype Method of application/Slurry type	Ammoniaktab g NH ₃ -N m ⁻² Loss of ammonia g NH ₃ -N m ⁻²					
	1. døgn day 1		2.-8. døgn day 2-8		1.-8. døgn day 1-8	
	Ligning nr. Equation no.					
	3	7	3	7	3	7
April						
Nedfældning/Svinegylle Direct injection/Pig slurry	0,52	0,59	0,58	0,55	1,1	1,1
Nedfældning/Gyllekoncentrat Direct injection/Concentrated slurry	1,68	1,66	0,86	0,88	2,5	2,5
Slæbeslange/Svinegylle Applied by drag hoses/Pig slurry	4,28	4,28	2,04	1,98	6,3	6,3
Slæbeslange/Gyllekoncentrat Applied by drag hoses/Concentrated slurry	3,62	3,70	1,38	1,31	5,0	5,0
Bredspredning/Svinegylle Broadcast/Pig slurry	3,19	3,05	1,16	1,12	4,4	4,2
Bredspredning/Gyllekoncentrat Broadcast/Concentrated slurry	3,25	3,26	0,98	1,01	4,2	4,3
Maj						
Nedfældning/Svinegylle Direct injection/Pig slurry	0,07	0,07	0,15	0,27	0,2	0,4
Nedfældning/Gyllekoncentrat Direct injection/Concentrated slurry	0,12	(0,02)	0,23	(0,02)	0,4	0,2
Slæbeslange/Svinegylle Applied by drag hoses/Pig slurry	1,86	0,99	0,84	0,54	2,7	1,8
Slæbeslange/Gyllekoncentrat Applied by drag hoses/Concentrated slurry	1,70	(0,20)	0,62	(0,05)	2,3	1,6
Bredspredning/Svinegylle Broadcast/Pig slurry	1,08	0,82	0,43	0,39	1,5	1,6
Bredspredning/Gyllekoncentrat Broadcast/Concentrated slurry	1,72	(0,13)	0,42	(0,06)	2,1	1,6
		1,06		0,40		
		(0,13)		(0,05)		



Figur 6. Ammoniaktab i procent af udbragt ammonium i gylle, udbragt på vinterhveden, på jorden mellem planterne og direkte nedfældet i jorden.

Loss of ammonia in percent of applied ammonium in slurry, applied on the wheat crop, on the soil beneath the crop and direct injected into the soil.

Ved begge udbringningstidspunkter var ammoniaktabet fra direkte nedfældet gylle mindre end 50% af tabet fra overfladeudbragt gylle (Fig. 6). Effekten af direkte nedfældning var mindst ved første udbringning, fordi furen efter nedfældertanden blev fyldt op med gylle, og der ikke blev opnået fuld tildækning med jord. Endvidere var vandindholdet i jorden større i april end i maj. Med opkoncentreret gylle skal der udbringes mindre mængder for at få den samme gødningsvirkning som for ubehandlet gylle. Ved udbringning af små mængder øges mulighederne for at tildække gyllen efter direkte nedfældning. Effekt heraf i form af et reduceret ammoniaktab i forhold til ubehandlet gylle kunne ikke registreres i denne undersøgelse, formentlig fordi der ikke var forskel på ammoniumindholdet i de to gylletyper og mængden af udbragt gylle derfor var næsten ens.

En større del af det udbragte ammonium fordampede ved udbringning af gylle med slæbeslanger end ved bredspreddning (Fig. 6). Dette er i modstrid med resultater opnået i tidligere

undersøgelser (Bless *et al.*, 1991; Ørtenblad *et al.*, 1990). Forskellen skyldes formentlig at bladmassen af hveden i dette forsøg var mindre end i de tidligere forsøg, fordi hveden var udsået på dobbelt rækkeafstand (24 cm). Afgrøden har derfor ikke ydet tilstrækkeligt læ til at slangeudbringning af gylle har kunnet reducere ammoniaktabet i forhold til bredspredt gylle.

I samme perioder blev gylle udlagt på sand mellem vinterhvede med normal 12 cm rækkeafstand (Sommer *et al.*, 1992b). I maj var ammoniaktabet fra gylle udlagt på sand mellem hvederækker ca. 10% lavere end ved udbringning på sand i det fri. Bladmassens tæthed kan således have betydning for, i hvilket omfang ammoniaktabet reduceres ved udbringning af gylle med slæbeslanger i forhold til traditionel bredspredning.

Afgrøderesultater

Der blev høstet prøveflader tre gange i vækstperioden og ved modenhed (Tabel 5). Da forsøget er anlagt uden gentagelser er det kun få af behandlingerne der giver statistisk sikre forskelle i indhøstet kvælstof.

Tabel 5. Tørstof udbytter ved høst af prøveflader i juni og juli og i kerne og halm ved modenhed.

Dry matter yield by harvest in June and July and in grain and straw at maturity.

	Total udbytte <i>whole crop</i>			Udbytte ved modenhed <i>yield at maturity</i>	
	4. juni <i>June 4.</i>	20. juni <i>June 20.</i>	16. juli <i>July 16.</i>	kerne <i>grain</i>	strå <i>straw</i>
	hkg tørstof ha ⁻¹ hkg DM ha ⁻¹				
Svinegylle <i>Pig slurry</i>	37,2 a	70,1	96,7	52,2	55,6 a
Gyllekonzentrat <i>Concentrated slurry</i>	39,7 b	70,7	98,5	54,3	59,3 b
LSD ₉₅	2,2	-	-	-	2,5

Anvendelse af gyllekoncentrat gav anledning til et større halmudbytte, hvorimod kerneudbyttet var det samme som for ubehandlet gylle (Tabel 5). Ved høst af prøveflader omkring og efter skridning fandtes ingen forskelle i tørstofudbyttet. Det formodes, at gyllekoncentratet har givet anledning til en kraftigere vækst umiddelbart efter udbringning, hvorved halmmængden er øget.

Udbringningsmetoden havde ingen sikker indvirkning på det opnåede udbytte (Tabel 6). I andre forsøg udført med samme udbringningsudstyr har nedfældning givet sikre merudbytter på 2-3 hkg pr. ha (Petersen *et al.*, 1992). I flere af landsforsøgene har nedfældning ligeledes givet et merudbytte (Pedersen og Østergaard, 1991; Pedersen, 1992). Årsagen til de opnåede resultater skal sandsynligvis findes i koblingen mellem udbringningsmetoden og jordbundsvariationen, der er en følge af parcellernes placering i marken.

Tabel 6. Kerne og halmudbytte ved modenhed d. 23. august, hkg tørstof/ha.
Yield of grain and straw at maturity August 23., hkg DM/ha.

Udbringningsmetode Method of application	kerne grain	halm straw
	hkg tørstof ha ⁻¹ hkg DM ha ⁻¹	
Bredspredning Broadspreading	56,5	57,2
Slæbeslanger Applied by drag hoses	52,8	58,8
Direkte nedfældning Direct injection	50,4	56,4
LSD ₉₅	7,7	3,0

Kvælstofprocenten i afgrøden blev ikke påvirket af gylletypen. Derimod viste nedfældning sig at give den højeste kvælstofprocent ved den sidste prøveflade-høst og i kernerne høstet ved modenhed (Tabel 7). Dette hænger sammen med, at direkte nedfældning gav den mindste ammoniakfordampning af de tre prøvede udbringningsmetoder.

Tabel 7. Kvælstofprocent i hele afgrøden høstet d. 16. juli og i kerner ved modenhed d. 23. august.

Percent nitrogen in the whole crop July 16. and in grain at maturity August 23.

Udbringningsmetode	prøveflade høstet d. 16. juli	kerner ved modenhed d. 23. august
<i>Method of application</i>	<i>whole crop July 16.</i>	<i>grain at maturity August 23.</i>
	————— % total N —————	
Bredspredning <i>Broadspreading</i>	1,17 ab	1,76 a
Slæbeslanger <i>Applied by drag hoses</i>	1,11 a	1,88 b
Direkte nedfældning <i>Direct injection</i>	1,30 b	2,10 c
LSD ₉₅	0,13	0,11

Den totale kvælstofoptagelse blev kun i ringe grad påvirket af gylletype og udbringningsmetode. Dette skyldes bl.a., at forskellen i kvælstofoptagelse i høj grad hænger sammen med tørstofproduktionen, som f.eks. for halmens vedkommende, hvor der fandtes sikre forskelle i kvælstofoptagelsen (Tabel 8).

Tabel 8. Kvælstofoptagelse i kerne og halm ved modenhed d. 23. august.
Nitrogen uptake in grain and straw at maturity August 23.

Udbringningsmetode	Kerne	Halm	Kerne + Halm
<i>Method of application</i>	<i>Grain</i>	<i>Straw</i>	<i>Grain + straw</i>
	kg N ha ⁻¹		
Svinegylle <i>Pig slurry</i>	99,6	23,9 a	123,5
Gyllekoncentrat <i>Concentrated slurry</i>	103,1	27,4 b	130,5
LSD _{.95}	-	2,8	-
Bredspredning <i>Broadspreading</i>	99,6	24,8	124,4
Slæbeslanger <i>Applied by drag hoses</i>	98,6	26,1	124,7
Nedfældning <i>Direct injection</i>	105,7	26,1	131,8

De to gylletyper og tre udbringningsmetoder blev afprøvet på to forskellige dage. Der er samlet tilført samme mængde total mineralsk kvælstof til de enkelte forsøgsbehandlinger, men det mineralske kvælstof er tildelt på forskellig vis. Ved høst af prøvefladerne i vækstsæsonen var der tendens til, at første udbringning gav lidt større tørstofudbytte end anden udbringning. Forskellene var dog relativt små og kunne ikke genfindes ved høst.

Kvælstofprocenten i kerne og ved prøvehøst d. 16. juli afhang af udbringningstidspunktet (Tabel 9). Kombinationen af 60 kg N pr. ha i handelsgødning 15. april og 80 kg N pr. ha i gylle 23. maj har i forhold til 140 kg N pr. ha i gylle 15. april forbedret kerne kvaliteten.

Tabel 9. Kvælstofprocent i hele afgrøden høstet d. 16. juli og i kerner ved modenhed d. 23. august.

Percent nitrogen in the whole crop July 16. and in grain at maturity August 23.

Udbringningstidspunkt for gylle	Prøvefladen høstet 16. juli	Kerne ved modenhed
<i>Application time for slurry</i>	<i>Whole crop July 16.</i>	<i>Grain at maturity</i>
	% total N	
15. april <i>April 15.</i>	1,10 a	1,79 a
23. maj <i>May 23.</i>	1,29 b	2,03 b
LSD _{.95}	0,10	0,09

Den samlede kvælstofoptagelse er påvirket af både tidspunkt for gødningstilførsel og høsttidspunkt (Tabel 10). Afgrøden optager forholdsmæssigt hurtigt det udbragte kvælstof, hvorved optagelsesforløbet kan formes af den tidsmæssige fordeling af det udbragte kvælstof (Olsen og Larsen, 1984, Olesen *et al.*, 1992).

Tabel 10. Kvælstofoptagelse.
Nitrogen uptake.

	Totalhøst Total crop			23. august August 23.		
	4. juni	20. juni	16. juli	kerne	halm	kerne+halm
Udbringnings- tidspunkt						
Application time	June 4.	June 20.	July 16.	grain	straw	grain+straw
kg N ha ⁻¹						
15. april April 15.	91,3 a	121,0	106,8 a	95,7 a	24,0 a	119,7 a
23. maj May 23.	79,8 a	107,3	125,4 b	106,9 b	27,3 b	134,2 b
LSD ₉₅	12,0	-	14,2	9,4	2,8	10,3

Konklusion

Ved måling af ammoniakfordampningen med passive fluxsammlere bør afstanden mellem forsøgsparcellerne være mere end 50 m. Forsøgsparcellerne bør ikke placeres i marker, hvor der i måleperioden kan forekomme udbringning af gylle på omgivende arealer. Hegn, bygninger eller andre landskabselementer bør ikke findes i vindsiden af forsøgsparcellerne. Benyttes målemetoden til bestemmelse af ammoniatabet fra gødning udbragt i en høj afgrøde, skal der foruden fluxmålere over afgrøden placeres fluxmålere i afgrøden til bestemmelse af den horisontale flux.

Direkte nedfældning af gylle reducerede ammoniaktabet til mindre end 50% af tabet fra bredspredt gylle. Ved direkte nedfældning var det relative tab af udbragt ammonium mindst ved udbringning af små mængder gylle. Der var ikke forskel på ammoniaktabet fra bredspredt og slæbeslangeudlagt gylle, fordi bladmassen var ringe i dette forsøg, hvor hveden var udsået på dobbelt rækkeafstand.

Litteratur

- Bless, H. G., Beinhauer, R. og Sattelmacher, B.* 1991. Ammonia emission from slurry applied to wheat stubble and rape in North Germany. *J. Agric. Sci. Camb.* 117, 225-231.
- Denmead, O. T., Freney, J. R. og Simpson, J. R.* 1982. Dynamics of ammonia volatilization during furrow irrigation of maize. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46, 149-155.
- Horlacher, D. og Marschner, H.* 1990. Schatzrahmen zur beurteilung von ammoniakverlusten nach ausbringung von Rinderflüssigmist. *Z. Pflanzenernährung. Bodenk.* 153, 107-115.
- Høgh-Smith, K.* 1982. Lokal- og mikroklima. 2: Klimaelementer i det jordnære luftlag. DSR Forlag, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole, København.
- Kirk, G. J. D. og Nye, P. H.* 1991. A model of ammonia volatilization from applied urea. V. The effects of steady-state drainage and evaporation. *J. Soil Sci.* 42, 103-113.
- Olesen, J. E., (Red.)* 1992. Udvikling af et dyrkningsprogram for vinterhvede. Grundlag for forskning og modeludvikling. *Tidsskr. Planteavl Beretning* nr. S2204.
- Olsen, C. C. og Larsen, K. E.* 1984. Kvælstof til vinterhvede, éngangs- eller delt udbringning. *Tidsskr. Planteavl* 88, 243-255.
- Paul, J. W. og Beauchamp, E. G.* 1989. Relationship between volatile fatty acids, total ammonia, and pH in manure slurries. *Biol. Wastes.* 29, 313-318.
- Pedersen, C. Å. og Østergaard, H. S.* 1991. Gødskning og kalkning. I K. Skrifter: Oversigt over Landsforsøgene 1990, 70-112.
- Pedersen, C. Å.* 1992. Gødskning og kalkning. I K. Skrifter: Oversigt over Landsforsøgene 1991, 74-126.
- Petersen, J.* 1992a. Parcelgyllesprederen ved Askov Forsøgsstation, opbygning og virkemåde. *Tidsskr. Planteavl. Beretning* nr. S2187.
- Petersen, J., Rasmussen, J. og Heidmann, T.* 1992. Kan direkte nedfældning af gylle og mekanisk ukrudtsbekæmpelse kombineres? *Landbonyt* januar 1992, 15-18.
- Petersen, S. O.* 1992b. Nitrification and denitrification after direct injection of liquid cattle manure. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci.* 42, 94-99.
- Ryden, J. C. og McNeill, J. E.* 1984. Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward. *J. Sci. Food Agric.* 35, 1297-1310.

- Searle, P. L.* 1990. The determination of ammonium by an automated indophenol method. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21, 831-835.
- Schjørring, J. K., Sommer, S. G. og Ferm, M.* 1992. A simple passive sampler for measuring ammonia emission in the field. *Water Air Soil Pollut.* 62, 13-24.
- Sommer, S. G. og Christensen, B. T.* 1990. Ammoniakfordampning fra fast husdyrgødning samt fra ubehandlet, afgasset og filtreret gylle efter overfladeudbringning, nedfældning, nedharvning og vanding. *Tidsskr. Planteavl.* 94, 407-418.
- Sommer, S. G., Olesen, J. E. og Christensen, B. T.* 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. *J. Agric. Sci. Camb.* 117, 91-100.
- Sommer, S. G., Kjellerup, V. og Kristjansen, O.* 1992a. Determination of Total Ammonium Nitrogen in Pig and Cattle slurry: Sample Preparation and Analysis. *Acta. Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci.* 42, 146-151.
- Sommer, S. G., Jensen, E. S. og Schjørring, J. K.* 1992b. Leaf absorption of gaseous ammonia after application of pig slurry on sand between rows of winter wheat. 395-402. I *Field measurements and interpretation of species related to photooxidants and acid deposition*. Red. Angeletti, G. og Slanina, S. Udgivet af EEC, Belgien.
- Thompson, R. B., Ryden, J. C. og Lockyer, D. R.* 1987. Fate of nitrogen in cattle slurry following surface application or injection to grassland. *J. Soil Sci.* 38, 689-700.
- Thompson, R. B., Pain, B. F. og Rees, Y. J.* 1990. Ammonia volatilization from cattle slurry following surface application to grassland. *Plant Soil.* 125, 119-128.
- Ørtenblad, H., Hvelplund, E. og Henriksen, K.* 1990. Undersøgelse af gødningsvirkningen og tab af kvælstof fra biogasbehandlet og ubehandlet gylle. Udgivet af Landbrugets Rådgivningscenter, Århus. 38 sider.

Direktionen

Direktionssekretariatet, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Biometri og Informatik, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	89 99 19 00

Landbrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	89 99 19 00
Afdeling for Grovfoder og Kartofler, Forskningscenter Foulum, Postbox 21, 8830 Tjele	89 99 19 00
Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, Tystofte, 4230 Skælskør	53 59 61 41
Afdeling for Kulturteknik, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	89 99 19 00
Afdeling for Jordbiologi og -kemi, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	89 99 19 00
Afdeling for Planternærning og -fysiologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	89 99 19 00
Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	89 99 19 00
Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Enghavevej 2, 7100 Vejle	75 83 23 44
Askov Forsøgsstation, Vejenvej 55, 6600 Vejen	75 36 02 77
Borris Forsøgsstation, Vestergade 46, 6900 Skjern	97 36 62 33
Jyndevad Forsøgsstation, Flensborgvej 22, 6360 Tinglev	74 64 83 16
Rønhave Forsøgsstation, Hestehave 20, 6400 Sønderborg	74 42 38 97
Silstrup Forsøgsstation, Oddesundvej 65, 7700 Thisted	97 92 15 88
Tylstrup Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup	98 26 13 99
Ødum Forsøgsstation, Amdrupvej 22, 8370 Hadsten	86 98 92 44
Laboratoriet for Biavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	46 32 02 04

Havebrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Blomsterdyrkning, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Planteskoleplanter, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Forædling og Formering, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Gartnertechnik, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66

Planteværnscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Jordbrugszoologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Bioteknologigruppen, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10

Centrallaboratoriet

Centrallaboratoriet, Forskningscenter Foulum, Postbox 22, 8830 Tjele	86 65 25 00
--	-------------