

Husdyrgødning og dens anvendelse

Statens Planteværnscenter
Sekretariatet
Lottenborgvej 2
2800 Lyngby

2. reviderede udgave

Afdeling for Landbrugsplanternes Ernæring
Askov

Tidsskrift for Planteavls Specialserie



Statens
Planteavlsforsøg

Beretning nr. S 1809, 1989

Husdyrgødning og dens anvendelse

Statens Planteværnsskole

1989, 1990, 1991

1989, 1990, 1991

1989, 1990, 1991

2. reviderede udgave

Afdeling for Landbrugsplanternes Ernæring
Askov

Tidsskrift for Planteavls Specialserie



Statens
Planteavlsforsøg

Beretning nr. S 1809, 1989

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	6
1. INDLEDNING	8
1.1 Udviklingen i husdyrholdet 1950-1988 (JFH)	8
2. HUSDYRGØDNING - MÆNGDER OG FORDELING (JFH/ES)	12
2.1 Gødningsmængden pr. dyr	12
2.2 Samlet gødningsmængde	14
2.3 Geografisk fordeling	18
2.4 Opbevaring (VK)	18
2.4.1 N-tab fra markmødding	20
3. NÆRINGSSTOFINDHOLD (VK)	22
3.1 Makronæringsstoffer (N, P og K)	22
3.1.1 Fast husdyrgødning	22
3.1.2 Ajle	25
3.1.3 Gylle	26
3.2 Andre næringsstoffer	32
3.3 Tungmetaller	35
4. HUSDYRGØDNING OG N-KREDSLØB (BTC)	36
5. FORDAMPNING AF AMMONIAK (SGS)	40
5.1 Tab fra stalde	41
5.2 Tab fra lagre	42
5.3 Tab ved udbringning	43
5.4 Tab fra udbragt gødning	45
5.5 Tab fra dyr på græs	46
6. UDVASKNING AF NÆRINGSSTOFFER (VK)	47
6.1 Overfladeafstrømning (ES)	47
6.2 Nedvaskning af N	49
6.2.1 Årlig tilførsel af kvæggødning	49
6.2.2 Periodisk tilførsel af kvæggødning	51
6.3 Nedvaskning af andre næringsstoffer	52
6.4 Virkning af nitrifikationshæmmere	54
6.4.1 Nedvaskning af N	55
7. ANVENDELSE OG GØDNINGSVIRKNING (KEL)	56
7.1 Udbringningstidspunkt	56

7.1.1	Rodfrugter	56
7.1.2	Vårsæd	60
7.1.3	Vintersæd	62
7.1.4	Raps	64
7.1.5	Græs	65
7.2	Udbringningsmåde	69
7.2.1	Roer	69
7.2.2	Majs	71
7.2.3	Vårsæd	72
7.2.4	Græs	73
7.3	Behandlet gylle (JFH)	74
7.3.1	Afgasset gylle	75
7.3.2	Separeret gylle	79
7.3.3	Beluftet gylle (KEL)	80
7.4	Gødningsmængder	81
7.4.1	Roer	81
7.4.2	Majs	84
7.4.3	Vårbyg	84
7.4.4	Vårrops	87
7.4.5	Industrikartofler	88
7.4.6	Græs	89
7.5	Periodisk anvendelse i sædskifte (KEL/VK)	90
7.6	Kombination af husdyr- og handelsgødning	91
7.7	Eftervirkning af N-tilførsel med husdyrgødning	93
7.8	Virkning af P og K i husdyrgødning	96
7.9	Nitrifikationshæmmere (inhibitorer) (VK)	97
7.10	Halmnedmuldning og efterårsudbragt gylle (IKT)	101
8.	NÆRINGSSTOFBALANCER	104
8.1	Markforsøg (KEL)	104
8.1.1	Roer	104
8.1.2	Majs	106
8.1.3	Vårbyg	107
8.1.4	Græs	109
8.1.5	Sædskifte	110
8.2	Lysimeterforsøg (VK)	113
8.2.1	Balancer for enkelte afgrøder	113

8.2.2 Balance for sædskifte	118
9. INDFLYDELSE PÅ JORDBUNDEN (BTC)	121
9.1 Jordbunds fysiske parametre	121
9.2 Jordbundskemi	124
9.2.1 Jordens indhold af organisk stof (humus)	124
9.2.2 Gylles indflydelse på de dybere jordlag	129
9.3 Jordbundsbiologi	132
9.3.1 Mikrobiel biomasse	132
9.3.2 Regnorme	135
10. APPENDIX: PRØVEUDTAGNING OG ANALYSE (BTC/VK)	140
10.1 Prøveudtagning	140
10.1.1 Ajle	140
10.1.2 Gylle	141
10.1.3 Fast gødning	141
10.2 Analyse	141
10.2.1 Analyse ved laboratorium	142
10.2.2 Hurtigmetoder	142
11. REFERENCER	144

Forfattere

JFH: Jørgen F. Hansen

ES : Erik Sibbesen

VK : V. Kjellerup

BTC: Bent T. Christensen

SGS: Sven G. Sommer

KEL: K. E. Larsen

IKT: Ingrid K. Thomsen

FORORD

Første udgave af Beretning nr. S1809 om husdyrgødning og dens anvendelse udkom i december 1985. En motivation bag udarbejdelsen af en mere samlet fremstilling om emnet var den ofte meget intensive debat vedrørende landbrugsdriftens indflydelse på næringssaltbelastningen af det omgivende miljø, som på det tidspunkt foregik på næsten alle planer i samfundet.

På politisk plan resulterede debatten i flere Folketings-beslutninger, der efterfølgende blev udmøntet i bekendtgørelser fra såvel Miljøministeriet som Landbrugsministeriet. Den 24. januar 1986 udsendtes således Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 15 om husdyrgødning og ensilage m.v., hvori der fastsattes en på nogle områder meget detaljeret regulering af landbrugets håndtering af husdyrgødning. Bekendtgørelsen er efterfølgende blevet revideret to gange (seneste udgave: Bekendtgørelse nr. 568 af 22. september 1988).

I forlængelse heraf udsendte Landbrugsministeriet d. 9. oktober 1987 bekendtgørelse nr. 655 om sædskifte- og gødningsplaner samt grønne marker i jordbruget (seneste udgave: Bekendtgørelse nr. 469 af 3. august 1988).

Set under ét medførte bestemmelserne i ovennævnte bekendtgørelser, at husdyrgødningens anvendelse fremover skulle ske under på visse punkter endog stærkt ændrede forudsætninger. Samtidig synes de hyppige revisioner af bekendtgørelserne at afspejle en usikkerhed omkring de fastsatte reglers virkning i relation til en bedre udnyttelse af specielt husdyrgødningens N-indhold.

Første udgave af S-beretningen blev via Landskontoret for Planteavl tilsendt samtlige planteavlskonsulenter. Den efterfølgende periode har efterladt det indtryk, at den har været med til at skabe den basis, hvorpå rådgivningen af landmændene har fundet sted.

På denne baggrund synes forskning og forsøg vedrørende husdyrgødningens udnyttelse, samt viderebringelse af de opnåede resultater i en mere samlet fremstilling, stadig at være meget aktuelt.

Udover at medtage de resultater, der er indhøstet siden 1. udgave udkom, adskiller den nærværende reviderede 2. udgave sig på nogle punkter fra 1. udgaven. Idet beretningen sigter på anvendelse til opslag- og håndbogsformål er der ikke længere medtaget et samlet resumé. Som uddybende baggrund for beretningens emne er der i afsnit 1.1 nu medtaget en omtale af udviklingen i husdyrholdet 1950-1988. Afsnit vedrørende gødningsmængder og -fordeling er noget

udvidet, mens emnet husdyrgødning og denitrifikation kun berøres overfladisk. Interesserede læsere henvises til 1. udgaven. Ligeledes er afsnit vedrørende sundhedsmæssige risici ved husdyrgødningens håndtering og regler for dens anvendelse udeladt. Sidstnævnte blandt andet med skelen til den korte levetid, de hidtidige bekendtgørelser har haft.

Generelt er 2. udgave søgt ajourført med hensyn til de siden 1984 indhøstede resultater, idet vægten dog primært er lagt på resultater fra egne forsøg og undersøgelser. Endelig er der som appendix medtaget en kort omtale af prøveudtagning og analyse af husdyrgødning.

Beretningen er skrevet af medarbejdere ved Afdeling for Landbrugsplanternes Ernæring, og forfatternavne for de enkelte afsnit er anført i indholdsfortegnelsen. Renskrivning og opsætning af manuskript er varetaget af Ellen Christensen.

Askov Forsøgsstation

oktober 1989

Bent Tolstrup Christensen

1. INDLEDNING

En række af de problemer vi idag finder knyttet til anvendelse af husdyrgødning, har deres oprindelse i den strukturudvikling, landbrugserhvervet har gennemløbet de sidste 20-25 år. Denne strukturudvikling har medført en koncentration af husdyrene på færre og større brug, en specialisering i svine- eller kvægproduktion med de dertil hørende specialiseringer i planteproduktionen, samt for især kvægets vedkommende en geografisk koncentration.

En sådan udvikling i besætningsstrukturen medfører dels en ændring i fordelingen af husdyrgødningsproduktionen med det resultat, at der på nogle arealer er store mængder husdyrgødning til rådighed, medens andre arealer ikke får tilført organisk gødning. Desuden medfører udviklingen, at afgrødevalget ændres og bliver mere specialiseret. I kvægproduktionen kræves betydelige mængder grovfoder, der hovedsageligt produceres af afgrøder med en lang vækstperiode og et stort gødningsbehov. Bedrifter med svineproduktion producerer hovedsageligt salgsafgrøder som korn, raps og ærter, der alle har en relativt kort vækstperiode og et mindre gødningsbehov.

På grund af husdyrgødningens særlige karakter har der altid været knyttet problemer til dens korrekte udnyttelse som plantenæringsstof. Disse problemer har kvantitativt set tidligere været af relativt beskedent omfang, men den ovenfor nævnte strukturændring har i høj grad forstærket problemerne.

Samtidig med strukturændringerne er der sket en udvikling i den teknik, hvormed husdyrgødningen håndteres. Mens husdyrgødningen tidligere forelå som fast gødning og ajle, bliver husdyrgødning idag i vidt omfang håndteret på flydende form som gylle. Flydende husdyrgødning giver mulighed for en anden håndtering end fast gødning. Flydende gødning kan fx nedfældes direkte i jorden og kan, med det rette udstyr, fordeles på marken med meget større præcision. Imidlertid vil flydende gødning ofte kræver større og dyrere lagerfaciliteter end fast gødning.

1.1 Udviklingen i husdyrholdet 1950-1988

I tæt sammenhæng med den tekniske, økonomiske og strukturelle udvikling, der har medført en væsentlig ændret driftsform i de sidste 20-30 år, har husdyrbestanden ændret sig væsentligt (tabel 1). Især har den store stigning i svinebestanden - en 3-dobling - samt en meget kraftig reduktion af hestebestanden

præget udviklingen. Kvægbestanden har varieret, men generelt er der sket et fald på godt 20% siden 1960.

Tabel 1. Oversigt over husdyrbestandens ændring siden 1950 (Danmarks Statistik, flere årgange).

	Antal dyr, 1000 stk.						
	1950	1960	1970	1975	1980	1985	1988 ^{*)}
Heste	502	171	45	58	50	32	34
Hornkvæg	3053	3394	2842	3060	2961	2618	2262
Svin	3235	6147	8361	7682	9957	9089	9217
Får	61	44	70	61	56	70	124
Høns	24548	24484	17847	15262	14243	14067	14768
Andet fjerkræ	817	856	1322	996	1266	1152	756
Pelsdyr (avlstæver)	-	-	-	831	1094	1912	2887

^{*)} Stikprøvetælling i 1988.

Af større betydning end de totale ændringer i husdyrbestanden er imidlertid ændringerne i besætningsstørrelser og den regionale fordeling af husdyrene.

Medens der tidligere fandtes både kvæg og svin på langt de fleste landbrug, er dette nu kun tilfældet på ca. 25% af brugene. Besætningsstørrelserne er således øget betragteligt i perioden efter 1950, specielt siden 1970. I 1970 stod 5% af kobestanden i besætninger på 50 køer og derover. I 1987 fandtes 37% af kobestanden i besætninger med 50 køer eller flere. I 1970 var kun 4% af svinebestanden i besætninger med 500 svin og derover, mens denne besætningsgruppe i 1987 udgjorde næsten 60% af svinebestanden. Specialiseringen er således gået stærkere indenfor svine sektoren end i kvægsektoren.

Siden 1960 er antallet af ejendomme med husdyr faldet betydeligt (tabel 2).

Tabel 2. Udviklingen i besætningsstrukturen (Danmarks Statistik, flere årgange).

	1960	1970	1975	1980	1985	1988 ^{*)}
Svin						
Antal dyr, 1000 stk.	6147	8361	7682	9957	9089	9217
Antal besætninger, 1000 stk.	172	120	73	68	44	34
% af ejendomme	88	86	57	57	-	41
Kvæg						
Antal dyr, 1000 stk.	3394	2842	3060	2961	2618	2262
Antal besætninger, 1000 stk.	170	103	82	61	46	39
% af ejendomme	87	74	65	51	-	46

^{*)} Stikprøvetælling i 1988.

Der findes ikke umiddelbart tilgængelige statistiske oplysninger om udviklingen i husdyrbrugenenes gennemsnitlige areal. En sammenligning af udviklingen i besætningsstørrelser med udviklingen i den gennemsnitlige brugsstørrelse for alle ejendomme antyder dog en betydelig forskel i stigningstakten.

Den gennemsnitlige besætningsstørrelse af kvæg og svin er således henholdsvis 3-doblet og 9-doblet siden 1955. I samme periode er den gennemsnitlige brugsstørrelse steget med en faktor 2 (Danmarks Statistik, flere årgange).

Som følge af strukturudviklingen er selvforsyningsgraden med foder på de enkelte brug blevet mindre, og der benyttes i større grad end tidligere indkøbt og industrielt forarbejdet foder i produktionen. Dette anvendes dels til supplerende af det hjemmeavlede foder, men også i mange tilfælde som erstatning for egen planteproduktion, som i stedet baseres på salgsafgrøder.

I midten af 1950-erne var der næsten lige mange kreaturer pr. ha i hele landet (tabel 3), mens der i 1985 var omtrent 2,5 gange så meget kvæg pr. ha i Syd-, Vest- og Nordjylland som på Øerne. Kvæget er "vandret" mod vest og kvægproduktionen dermed koncentreret på de mere sandede jorde.

Tabel 3. Husdyrenes regionale fordeling opgjort som antal dyr/ha dyrket areal (Landbrugsministeriet, 1986; Danmarks Statistik, 1988).

	Antal dyr/ha dyrket areal											
	Syd-, Vest- og				Østjylland				Øerne			
	Nordjylland				(Århus og Vejle amt)							
	1950	1970	1985	1988	1950	1970	1985	1988	1950	1970	1985	1988
Hornkvæg	1	1,1	1,2	1,1	1	1	0,8	0,7	0,9	0,6	0,5	0,4
Svin	1	2,8	3,2	3,4	1	3	3,8	3,9	1,1	2,8	3,0	2,8

I forhold til det dyrkede areal har kvægbestanden i Syd-, Vest- og Nordjylland varieret og er nu cirka 10% større end i 1950. I Østjylland og på Øerne er der sket en betydelig nedgang i kvægbestanden i forhold til arealet (tabel 3). Svinebestandens størrelse i forhold til arealet er i samme periode steget stærkt, men stigningen har været mere ensartet over hele landet (tabel 3).

Set på baggrund af denne udvikling er det klart, at de gødnings- og miljømæssige forhold indtager en helt anderledes plads end tidligere. Når dertil lægges, at den planteproduktionsmæssige og tekniske udvikling har bevirket en betydelig ændring af de økonomiske og produktionsmæssige vilkår, er det klart at husdyrgødningens sammensætning, håndtering og gødskningsmæssige anvendelse også har forandret sig.

2. HUSDYRGØDNING - MÆNGDE OG FORDELING

Gødningsproduktionen er forskellig for de forskellige husdyr og mindre for ungdyr end for voksne dyr. Fodringen har stor indflydelse på såvel den producerede gødningsmængde som gødningens næringsstofindhold.

Den samlede produktion af gødning og næringsstoffer heri for Danmark kendes ikke nøjagtigt. I de senere år er der ud over Danmarks Statistiks opgørelser blevet foretaget flere opgørelser af husdyrenes gødningsproduktion.

Der anvendes i hovedsagen to principper ved disse opgørelser.

Ved den ene, som bl.a. hidtil er blevet anvendt af Danmarks Statistik, er udgangspunktet næringsstofmængden i det samlede anvendte foder i Danmark. Herfra fratrækkes den mængde næringsstoffer, som indgår i de animalske produkter. Den resterende mængde udskilles i husdyrgødningen som urin og fæces.

Ved den anden metode, som bl.a. er blevet anvendt af Laursen (1987), baseres beregningerne på det enkelte dyr. Ud fra oplysninger om enkelte dyrs stofbalance ved normale fodertildelinger beregnes mængden af gødning og næringsstofferne heri for de forskellige dyrekategorier, hvorefter der multipliceres med antal dyr i Danmark pr. kategori.

2.1 Gødningsmængden pr. dyr

Gødningsmængden af dyr, altså uden fradrag af stald- og lagertab og incl. den gødning, der efterlades på marken ved sommergræsning er vist i tabel 4. Stald og lagertab behandles i afsnit 2.4, 5.1 og 5.2.

Der foreligger ikke oplysninger om gødningsmængden af dyr fra får, pelsdyr og heste. I Håndbog for Plantedyrkning (1989) er angivet nedenstående værdier af lager for får og mink.

	t gødning ab lager/år	kg næringsstof ab lager/år		
		N	P	K
1 moderfår m. lam	0,7	9,8	1,4	3,5
Mink, pr. 1000 skind produceret	22	198	352	66

Tabel 4. Gødningsproduktionen af dyr (efter Laursen, 1987).

	t/dyr/år			kg næringsstof/dyr/år		
	Fast gødn.	ajle	gylle	N	P	K
Køer, tung race ^{*)}	9,7	5,9	15,6	106,1	14,0	95,2
Opdræt, tung race ^{*)}	2,4	2,8	5,2	40,6	5,2	36,9
Køer, Jersey ^{*)}	8,6	5,3	13,9	97,3	12,5	83,4
Opdræt, Jersey ^{*)}	1,5	1,8	3,3	24,4	3,0	21,5
Årsso ^{***)}	0,8	3,55	4,35 ^{**)}	36,6	9,9	14,8
Slagtesvin, pr. produceret svin	0,08	0,35	0,43 ^{**)}	3,8	0,9	1,7
Høns, konsumæg	-	-	0,05	0,59	0,26	0,26
Slagtekyllinger, pr. 1000 producerede	3			41,0	16,0	18,5

^{*)} I bindestald.

^{**)} Uden halmstrøelse.

^{***)} Søer + smågrise.

For hestes vedkommende er der regnet med, at 3 heste har lige så stor en gødningsproduktion som en ko. Antages endvidere samme næringsstofkoncentration i gødningen fås følgende gødningsmængde af dyr:

	t gødning af dyr/år	kg næringsstof af dyr/år		
		N	P	K
Hest	5,2	35,4	4,7	31,7

2.2 Samlet gødningsmængde

En beregning af de samlede husdyrgødningsmængder og indholdet af N, P og K på basis af afsnit 2.1 og husdyrbestanden i Danmark er vist i tabel 5.

Tabel 5. Samlet produktion af dyr af husdyrgødning og indhold af N, P og K i Danmark 1988 fordelt på husdyrkategorier. Beregnet efter husdyrbestanden angivet af Danmarks Statistik (1989) og værdier angivet i afsnit 2.1.

	Gødningsmængder	Næringsstoffer, t		
		N	P	K
	-----	mio. kg -----		
Køer (dyr som har kælvet) ¹⁾	12.920	88,2	11,6	78,6
Opdræt (dyr op til 2 år og dyr som ikke har kælvet) ¹⁻²⁾	6.980	54,2	6,9	49,1
Kvæg ialt	19.900	142,4	18,5	127,7
Årssøer ³⁾	4.080	34,3	9,3	13,9
Slagtesvin ⁴⁾	6.965	61,3	13,9	27,2
Svin ialt	11.045	95,6	23,2	41,1
Høns ⁵⁾	220	2,7	1,2	1,2
Slagtekyllinger ⁶⁾	260	3,5	1,4	1,6
Andet fjerkra ⁷⁾	25	0,4	0,1	0,2
Fjerkra ialt	505	6,6	2,7	3,0
Får (af lager)	40	0,6	0,1	0,2
Pelsdyr (af lager) ⁸⁾	285	2,6	4,5	0,9
Heste	180	1,2	0,2	1,1
Total	31.955	249,0	49,2	174,0

¹⁾ Der er regnet med, at Jersey udgør 15% af kvægbestanden. Der er ikke taget hensyn til et evt. forskelligt foderforbrug og dermed gødningsproduktion/årsdyr i bindestalde og løsdriftsstalde, da hovedparten af kvæget befinder sig i bindestalde.

- 2) Antal årsdyr er sat lig med antal dyr opgjort af Danmarks Statistik ved stikprøvetællingen juni 1988.
- 3) Der er anvendt Danmarks Statistiks tal for søer ialt + orner.
- 4) Beregnet ud fra antal slagtede slagterisvin 1988 incl. slagtninger hos producenterne + sopolte til avl (ca. halvt så mange som antal årssøer) + kaserede slagtesvin (ca. 100.000/år).
- 5) Der er regnet med samme gødningsproduktion/dyr fra høns til konsumægs- og rugeægproduktion og fra haner. Tallene inkluderer gødningsproduktionen fra kyllinger til tillæg. Der er regnet med 5 gange så stor gødningsproduktion/dyr fra kyllinger til tillæg som pr. produceret slagtekylling, idet der antages ca. 5 hold slagtekyllinger/år.
- 6) Beregnet ud fra antal slagtede slagtekyllinger 1988.
- 7) Skønsmæssigt sat til 10% af gødningsproduktionen fra slagtekyllinger.
- 8) Der er for alle pelsdyr regnet med samme gødningsproduktion som fra mink.

Tabel 6. Total-balance for næringsstoffer i husdyrgødningsproduktionen i Danmark 1987/88 (Sibbesen, 1989).

	N		P		K	
	mio.	%	mio.	%	mio.	%
	kg		kg		kg	
Tilførsel med foder						
Kraftfoder	285,4	69	47,7	62	87,2	38
Mineralstoffer ^{*)}	2,1	1	14,4	19	0	0
Grovfoder + strøelse	128,5	31	15,3	20	140,4	62
Foder i alt	416,0	100	77,4	100	227,6	100
Bortførsel med animalske produkter ^{**)}	90,9	22	17,8	23	13,0	6
Rest i husdyrgødning ^{***)}	325,1	78	59,6	77	214,6	94

^{*)} Foderurea, N-berigelse af halm med ammoniak, foderfosfater.

^{**)} Mælk, æg, hele dyr til slagtning eller destruktion.

^{***)} Inklusive foderrester og strøelse.

Beregnes den totale mængde næringsstoffer i husdyrgødningen som difference mellem næringsstoffer i det anvendte foder og næringsstoffer i de animalske produkter i Danmark fås de i tabel 6 viste værdier.

En sammenligning af de to beregningsmåder (tabel 5 og 6) viser en væsentlig forskel. Beregning efter metoden i tabel 6 giver 30% større N-mængde, 21% større P-mængde og 23% større K-mængde.

En mindre del af forskellen skyldes, at der i tabel 6 er medtaget næringsstof i foderrester og strøelse. Men derudover indgår der skønnede værdier i begge beregningsmetoder, som nødvendigvis medfører usikkerhed på resultaterne.

Bl.a. kan nævnes vanskeligheden ved at fastsætte repræsentative normtal for de forskellige dyrs gødningsproduktion. Fx fandt Koefoed & Hansen (1989) gennem modelberegninger følgende tal for N i gødningen fra malkekøer af tung race med ca. 6150 kg 4% mælk pr. årsko og for svin fodret med byg:

	kg N/dyr
Årsko (ab dyr)	129,1
Årso (ab dyr)	42,2
Slagtesvin leveret (ab dyr)	4,0

Disse værdier er noget større end angivet af Laursen (1987) og vist i tabel 4.

Dertil kommer beregningstekniske problemer og usikkerheder, når gødningsproduktionen pr. dyr skal relateres til de forskellige kategorier af dyr som Danmarks Statistik anvender.

Ved beregninger baseret på den totale mængde foder er der usikkerhed på de angivne fodermængder, især på grovfodermængden, og næringsstofferne heri. Næringsstofindholdet i animalske produkter kan imidlertid opgøres relativt sikkert. Usikkerheden på grovfodermængden kan dog ikke forklare den store forskel mellem de to beregningsmetoder. Reduceres næringsstofmængderne i grovfoderet med fx 20% i forhold til mængderne i tabel 6, vil N, P og K i husdyrgødningen stadig overstige mængderne i tabel 5 med henholdsvis 20, 14 og 7%. Dette såvel som beregningerne af Koefoed og Hansen (1989) tyder på, at de af Laursen (1987) anvendte normer for produktion af næringsstoffer ab dyr er for lave.

Tabel 7. Den amtsvise fordeling af husdyrgødningen i forhold til landbrugsarealet. Beregnet efter Danmarks Statistik 1988, afs. 2.1 og tabel 5.

	Hovedstads- regionen	Vest- sjælland	Stor- strøm	Born- holm	Fyn	Sønder- jylland	Ribe	Vejle	Ring- købing	Århus	Viborg	Nord- jylland	Hele landet
Kvæg*)													
Gødning mængde t/ha	2,3	3,3	2,4	4,4	5,7	9,2	12,1	7,2	9,0	5,8	9,5	8,6	7,1
N, kg/ha	16	24	17	31	40	66	86	51	64	41	68	62	51
P, -	2,1	3,1	2,2	4,0	5,2	8,6	11,2	6,7	8,3	5,3	8,8	8,0	6,6
K, -	15	21	15	28	36	59	78	46	58	36	61	55	46
Svin													
Gødning mængde t/ha	2,1	3,8	2,5	6,3	4,1	3,4	2,4	4,8	4,7	4,8	5,0	4,2	4,0
N, kg/ha	18	33	22	55	36	30	21	41	41	42	43	36	34
P, -	4,5	8,1	5,3	13,3	8,7	7,2	5,1	10,1	9,9	10,2	10,5	8,8	8,4
K, -	8	14	9	24	15	13	9	18	18	18	19	16	15
Fjerkræ													
Gødning mængde t/ha	0,08	0,06	0,12	0,38	0,23	0,23	0,19	0,32	0,16	0,06	0,28	0,19	0,18
N, kg/ha	1,0	0,7	1,5	4,8	3,1	3,0	2,4	4,2	2,1	0,8	3,6	2,5	2,3
P, -	0,4	0,3	0,6	2,0	1,2	1,2	1,0	1,7	0,9	0,3	1,5	1,0	1,0
K, -	0,4	0,3	0,6	2,1	1,4	1,3	1,1	1,9	1,0	0,4	1,6	1,1	1,1
Får, heste, pelsdyr**)													
Gødning mængde t/ha	0,3	0,2	0,05	0,2	0,09	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
N, kg/ha	2,1	1,4	0,4	1,7	0,8	0,9	2,3	1,3	2,1	1,0	1,4	2,8	1,6
P, -	1,0	1,4	0,3	1,5	0,7	0,4	3,1	1,4	3,1	0,7	1,3	3,8	1,7
K, -	1,5	0,8	0,3	0,9	0,4	0,5	1,0	0,6	0,8	0,6	0,8	1,3	0,8
Ialt													
Gødning mængde t/ha	4,8	7,4	5,1	11,3	10,1	12,9	15,0	12,4	14,1	10,8	15,0	13,3	11,5
N, kg/ha	37,1	59,1	40,9	92,5	79,9	99,9	111,7	97,5	109,2	84,8	116,0	103,3	88,9
P, -	8,0	12,9	8,4	20,8	15,8	17,4	20,4	19,9	22,2	16,5	22,1	21,6	17,7
K, -	24,9	36,1	24,9	55,0	52,8	73,8	89,1	66,5	77,8	55,0	82,4	73,4	62,9

*) Jersey-kvæg antages at udgøre 15% af kvæget i alle amter.

**) For pelsdyr er fordelingen baseret på 1987-tal.

2.3 Geografisk fordeling

Indtil midten af dette århundrede var husdyrholdet nogenlunde jævnt fordelt landet over. Gennem de seneste 30-40 år er kvægbestanden indskrænket meget på Øerne, medens den er øget mange steder i Jylland (tabel 3). Da såvel besættningernes størrelse som husdyrholdets sammensætning har indflydelse på den producerede gødningsmængde, er der store forskelle i husdyrgødningsmængden i landets forskellige egne (tabel 7).

Fordelingen er beregnet på baggrund af det enkelte dyrs gødningsproduktion (Laursen, 1987) og husdyrbestanden opgjort af Danmarks Statistik. Beregnet ud fra fodermængden vil samtlige værdier for N, P og K i tabel 6 øges med henholdsvis 30, 21 og 23% såfremt der antages samme forskel mellem de to beregningsmåder i alle amter som på landsbasis (jf. tabel 5 og 6).

Det skal understreges, at tallene i tabel 7 viser den beregnede gennemsnitlige produktion af dyr af husdyrgødning og næringsstoffer heri pr. ha i de enkelte amter og ikke tilførslen pr. ha. Dels kan der ske et tab af næringsstoffer under opbevaring og udbringning, og dels fordeles husdyrgødningen ikke jævnt indenfor et amt.

2.4 Opbevaring

Under opbevaring af husdyrgødning vil der være tab af plantenæringsstof. Tabets størrelse vil afhænge af opbevaringsmåde og opbevaringstid.

Gennemsnitsindholdet i 640 prøver fra ældre undersøgelser af fast husdyrgødning (Hansen, 1941) er vist i tabel 8.

Tabel 8. Næringsstoffindhold i fast husdyrgødning 1923-28.

Gødning	Total-N	Ammonium-N	P	K
opbevaret i:	-----	kg/t gødning	-----	-----
Møddinghus	5,5	1,6	1,6	4,5
Åben mødding	5,0	1,4	1,5	3,7

Disse resultater viser kun indirekte, at tabet er større i åben mødding end i møddinghus. Da der også er tab af næringsstof fra gødning, som opbevares un-

der tag, vil det samlede tab fra åben mødding være større end differencen mellem de to former for gødningsopbevaring.

Opbevaringstabet ved vinteropbevaring af fast husdyrgødning i åben mødding og møddinghus er forsøgsmæssigt undersøgt ved Askov og Lyngby (Iversen, 1943b) og resultater herfra angivet i tabel 9.

Tabel 9. Tørstof- og næringsstofftab ved vinteropbevaring af fast husdyrgødning 1938-42 (Iversen, 1943b).

	Møddinghus	Åben mødding	
	Askov	Askov	Lyngby
	----- % tab -----		
Tørstof	10	11	4
Fordampning, total-N	9	7	9
Udsivning, total-N	5	15	7
- , P	1	5	2
- , K	12	37	21
Møgsaft, kg/t gødning	98	432	205

Ved at lægge tag over møddingen kunne næringsstoffudsivningen ved Askov reduceres til 1/3 af, hvad den var i åben mødding. Tabet var større ved Askov end ved Lyngby. I de 8 vintermåneder, hvor gødningen blev opbevaret, var nedbøren 90 mm større ved Askov end ved Lyngby. Ved Askov kunne et tag over møddingen reducere mængden af møgsaft til 1/4 og ved Lyngby halvere denne.

Fordampningstabet (tabel 9) har været af næsten samme størrelse uanset opbevaringsform, men da disse undersøgelser er gennemført under forhold svarende til, hvad man i 1940-erne betegnede som velplejede møddinger, må det antages, at fordampningstab af N fra nutidens kegleformede møgstakke er større.

Fra begyndelsen af dette århundrede har man vidst, at tabet af ammoniak i ajle kan være meget stort. Det er vigtigt, at ajlebeholderen er tildækket (tabel 10).

Tabel 10. N-indhold i ajle ved forskellig tildækning af ajlebeholderen.

Tildækning	Prøver, %	Total-N, kg/t ajle
Særdeles god	18	6,2
God	42	5,2
Mindre god	22	4,1
Dårlig	18	2,9

Undersøgelsen (Iversen, 1924) omfatter ajleprøver fra 72 ejendomme. Ved dårlig tildækning af ajlebeholder kan ajlens N-indhold halveres.

En undersøgelse over 8 måneders ajleopbevaring ved Askov 1908-09 viser et N-tab på 49%, når beholderen alene dækkes således, at der ikke skete fortynding med regnvand, 23% når ajlebeholderens lem stod på klem, og 6% når lemmen var lukket.

Da arbejdet med ajleudbringning er upåvirket af dennes N-indhold, vil der være al mulig grund til at begrænse fordampningstabet af N. Man skal være opmærksom på, at der selv ved små utætheder kan ske store tab.

Undersøgelser over fordampningstab fra gylle er ikke direkte belyst, men ved at opdele gylleprøver efter opbevaring i henholdsvis åbne og lukkede beholdere fandt Kjellerup & Klausen (1975), at der ikke var forskel i N-indholdet. Svømmelaget over gyllen har tilsyneladende hæmmet ammoniakfordampningen.

2.4.1 N-tab fra markmødding

For at bestemme N-tabet ved nedsivning fra staldgødning oplagret i markmøddinger, blev der i årene 1974-76 i det sydlige Jylland udtaget jordprøver fra sand- og lerjordsarealer, hvor der umiddelbart før havde ligget en markmødding uden fast bund (Meincke, 1979). De fundne stigninger i jordens indhold af ammonium og nitrat umiddelbart efter tømning af markmødding er vist i tabel 11.

Undersøgelsen viste et forøget indhold af ammonium i jorden i indtil 2 m dybde, hvor der havde ligget en markmødding.

Selv et år efter, at møddingerne var fjernet, fandtes stadig et betydeligt indhold af ammonium. Efter to år var indholdet faldet til samme niveau som forekom i de omkringliggende arealer.

For nitrats vedkommende var de fundne mængder gennemgående små.

Tabel 11. Stigning i jordens ammonium- og nitratindhold (kontrol fratrasket) umiddelbart efter tømning af markmødding (Meincke, 1979).

Jorddybde, cm	Ammonium-N		Nitrat-N	
	Lerjord	Sandjord	Lerjord	Sandjord
	Mg N/kg jord			
0- 20	136	134	10	47
50- 70	84	39	3	26
100-120	46	27	1	25
150-170	36	15	2	18
200-220	19	7	1	6

3. NÆRINGSSTOFINDHOLD

Der er store variationer i husdyrgødningens indhold af plantenæringsstoffer, og specielt for N, i hvilken form næringsstofferne findes. I fast gødning er således en del af N-indholdet organisk bundet, medens næsten alt N i ajle findes som ammonium. Gødningens næringsstofindhold af dyr er behandlet i kap. 2. Nærværende kapitel behandler indholdet af næringsstoffer og tungmetaller i husdyrgødning af lager og beror fortrinsvis på gødningsprøver analyseret ved Askov Forsøgsstation.

Prøverne stammer fra gødning anvendt i forsøg eller gødningsprøver indsendt fra de landøkonomiske foreninger.

3.1 Makronæringsstoffer (N, P og K)

3.1.1 Fast husdyrgødning

Indholdet af plantenæringsstoffer i lagret fast husdyrgødning er vist i tabel 12. Gødningsprøverne er som regel udtaget i forbindelse med gødningsudbringningen.

Tabel 12. Næringsstofindhold i fast gødning, 1965-85.

Gødning	Antal prøver	Tørstof %	Total-N -----	Ammonium-N kg/t gødning	P -----	K -----
Kvæg	43	20	6,0	1,5	1,9	3,7
Svin	57	22	7,2	2,5	3,3	3,4
Høns	69	28	13,9	5,3	7,9	8,2
Slagtekyll.	15	49	21,3	6,1	11,0	15,3
Ænder	8	15	5,9	1,4	3,1	2,7
Mink	14	43	11,2	5,1	10,3	2,8

Fra ænder indgår også gylleprøver, hvilket tydeligt fremgår af det lave tørstofindhold.

Svinegødning har et højere indhold af N og P og et lavere indhold af K end kvæggødning. I svinegødning er 1/3 af N-indholdet til stede som ammonium, me-

dens kun 1/4 af N-indholdet i kvæggødning er ammonium. N-indholdet i svinegødning har således en højere gødningsværdi.

Tabel 13. Total-N indholdet i fast husdyrgødning vist ved prøvernes fordeling på N-intervaller.

Total-N kg/t gødning	1923-28		1958-59	1965-85		
	Mødding-	Åben		Blandet	Kvæg	Svin
	hus	mødding				
	----- % af alle prøver -----					
< 4	1	5	2	3		2
4 - 5	22	39	27	19	19	
5 - 6	43	44	45	34	26	14
6 - 7	29	10	19	25	39	28
7 - 8	5	2	6	15	16	18
> 8			1	4		38

Tabel 14. Indholdet af ammonium i fast husdyrgødning vist ved prøvernes fordeling på ammonium-N intervaller.

Ammonium-N, kg/t gødning	1965-85		
	Blandet	Kvæg	Svin
	----- % af alle prøver -----		
<1,0	32	12	4
1,0-1,5	22	30	9
1,5-2,0	24	28	9
2,0-2,5	19	19	22
2,5-3,0	3	9	22
3,0-3,5		2	15
>3,5			19

Fjerkrægødning har betydeligt højere næringsstofindhold end gødning fra kvæg og svin.

Tabel 15. P-indhold i fast husdyrgødning vist ved prøvernes fordeling på P-intervaller.

P, kg/t gødning	1958-59	1965-85	
		Kvæg	Svin
	----- % af alle prøver -----		
< 2	75	50	5
2 - 3	24	40	25
3 - 4	1	5	32
4 - 5		5	26
> 5			12

Tabel 16. K-indhold i fast husdyrgødning vist ved prøvernes fordeling på K-intervaller.

K, kg/t gødning	1958-59	1965-85	
		Kvæg	Svin
	----- % af alle prøver -----		
< 2	1	2	5
2 - 3	30	16	25
3 - 4	51	47	33
4 - 5	14	21	24
5 - 6	2	7	9
> 6	2	7	4

For alle dyrearter gælder, at der er meget store variationer i næringsstofindholdet. Variationen for kvæg- og svinegødning er vist i tabel 13 til 16.

Der har gennem tiden været stigende indhold af plantenæringsstoffer i gød-

ningen.

N er det næringsstof, som afgrøderne reagerer kraftigst på, men med husdyrgødningerne tilføres også andre næringsstoffer. I adskillige tilfælde kan sædskiftets behov for disse dækkes alene af husdyrgødningen. Tabel 15 viser, at svinegødning som regel indholder betydeligt mere P end kvæggødning, og at P-indholdet i fast husdyrgødning er steget fra perioden 1958-59 til 1965-85.

K-indholdet (tabel 16) er steget lidt siden sidst i 50-erne og er lidt højere i kvæg- end svinegødning.

Næringsstofindholdet i fjerkræ- og minkgødning viser tilsvarende store variationer som kvæg- og svinegødning.

3.1.2 Ajle

I ældre tid var det stort set kun den faste husdyrgødning, der blev anvendt som gødning. Sidst i forrige og i begyndelsen af dette århundrede byggedes ajlebeholdere ved næsten alle ejendomme, og ajlen anvendtes herefter som gødning.

Indholdet af P i ajle er meget lavt. Derfor er der i tabel 17 kun angivet N- og K-indholdet i ajle.

Tabel 17. Ajles N- og K-indhold vist ved prøvernes fordeling på N og K-intervaller.

Næringsstof, kg/t ajle	Total-N		K
	1924	1958/59	1958/59
	----- % af alle prøver -----		
< 2	11	8	2
2 - 3	20	25	1
3 - 4	19	28	6
4 - 5	23	24	10
5 - 6	16	11	17
6 - 7	7	3	25
7 - 8	4		18
> 8		1	21

Det ses, at gødningsværdien pr. t ajle er meget varierende.

Hovedparten af ajlens N er til stede som ammonium (ca. 90%) og ajle er således en form for husdyrgødning, hvori praktisk taget alt N er lige så tilgængeligt for planterne som N i handelsgødning. Rigtigt anvendt kan gødningsværdien af N og K i ajle derfor sættes til samme værdi som i handelsgødning.

3.1.3 Gylle

Gennem de seneste 30 år er det blevet stadig mere almindeligt at opbevare husdyrgødningen som gylle, og nu håndteres over halvdelen af husdyrgødningen på denne måde.

Tabel 18. Næringsstofindhold i gylle. Gennemsnit af 1965-85.

	Antal prøver	Tørstof %	Total-N -----	Ammonium-N kg/t	P gylle	K -----
Kvæg						
Voksne dyr	94	7,5	3,8	1,9	0,8	3,5
Ungdyr	118	8,2	4,1	2,2	0,8	3,7
Svin						
Søer + smågrise	65	2,2	2,9	2,1	0,7	1,4
Slagtesvin	83	4,0	4,6	3,3	1,1	2,2
Mink	13	8,6	9,9	7,2	3,9	1,5

Kvæggyllens tørstofindhold er væsentlig højere end svinegyilles, mens tørstofindholdet i gylle fra søer + smågrise kan være meget lavt.

Trods de store forskelle i tørstofindhold er indholdet af plantenæringsstoffer i gylle fra slagtesvin højere end i kvæggylle, undtagen for K. Ammonium udgør i svinegyille en relativ større del af total-N stoffet end i kvæggylle.

Tabel 19. Indholdet af næringsstoffer i gylle analyseret i perioden 1971-85.

	Antal prøver	Tørstof %	Total-N -----	Ammonium-N kg/t gylle	P	K
Kvæggylle						
1971-75	191	8,6	4,4	2,4	0,6	3,9
1976-80	185	5,2	3,3	1,9	0,6	2,6
1981-85	533	7,3	4,0	2,2	0,8	3,7
Svinegylle						
1971-75	52	4,7	5,5	4,0	1,1	2,1
1976-80	78	3,0	3,7	2,6	0,8	1,8
1981-85	273	3,2	3,8	2,7	1,0	1,8

Indholdet af plantenæringsstoffer i kvæggylle har været lidt lavere i perioden 1981-85 end i den første periode, men var væsentlig lavere i prøver fra perioden 1976-80.

I svinegylle er indholdet faldet meget fra første til anden periode og har tilsyneladende stabiliseret sig på dette lavere niveau.

Af årsager til faldende næringsstofindhold kan nævnes ændrede staldd typer og skærpelsen af miljøkravene. Vand fra rensning af stalde og malke rum samt ensi-

Tabel 20. Indhold af tørstof i gylle vist ved prøvernes fordeling på tørstof-intervaller.

1965-85		
Tørstof, %	Kvæg	Svin
- % af alle prøver -		
< 3	8	47
3 - 6	17	30
6 - 9	39	13
9 - 12	29	5
> 12	7	5

lagesaft ledes hyppigt til gyllebeholderen.

Da der er store forskelle i den vandmængde, der på de forskellige ejendomme ledes i gyllebeholderen, vil alene dette forhold være årsag til variation i gyllens tørstof- og næringsstofindhold.

Som det kunne forventes (tabel 20) havde mange af svinegylleprøverne et lavt tørstofindhold. Således havde næsten halvdelen af prøverne et indhold af tørstof på under 3%.

Tabel 21. Indholdet af N og K i gylle i prøver fra 1965-85 vist ved prøvernes fordeling på næringsstofintervaller.

kg/t gylle	Total-N		Ammonium-N		K	
	Kvæg	Svin	Kvæg	Svin	Kvæg	Svin
	----- % af alle prøver -----					
< 2	3	5	35	14	7	54
2 - 3	13	21	51	41	20	33
3 - 4	28	26	12	29	33	9
4 - 5	35	21	2	9	26	3
5 - 6	17	12		4	10	1
> 6	4	15		3	4	

Tabel 22. Indholdet af P i gylle vist ved prøvernes fordeling på P-intervaller (1965-85).

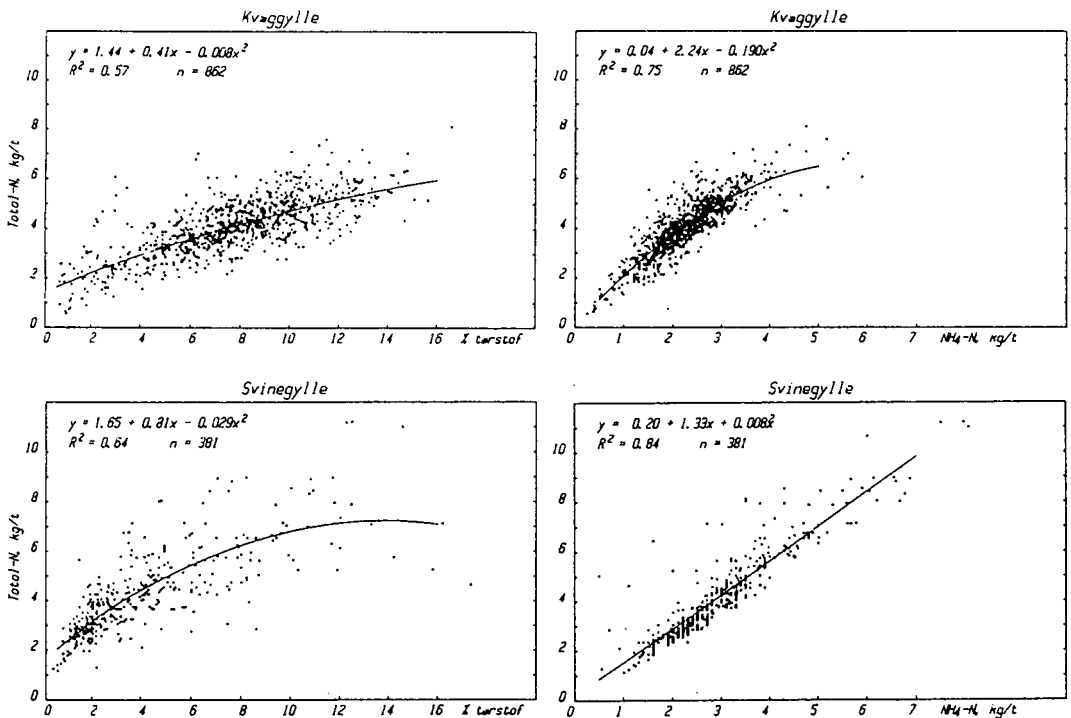
kg P/t gylle	Kvæg	Svin
	- % af alle prøver -	
< 0,5	15	15
0,5 - 1,0	60	31
1,0 - 1,5	22	25
1,5 - 2,0	3	15
> 2,0		14

Indholdet af total-N varierer i begge gylletyper fra 2 til 6 kg pr. t med den største variationsbredde i svinegyllen.

Høje indhold af ammonium (over 3 kg pr. t gylle) er kun målt i 14% af prøverne af kvæggylle, men i næsten halvdelen af svinegyллеprøverne.

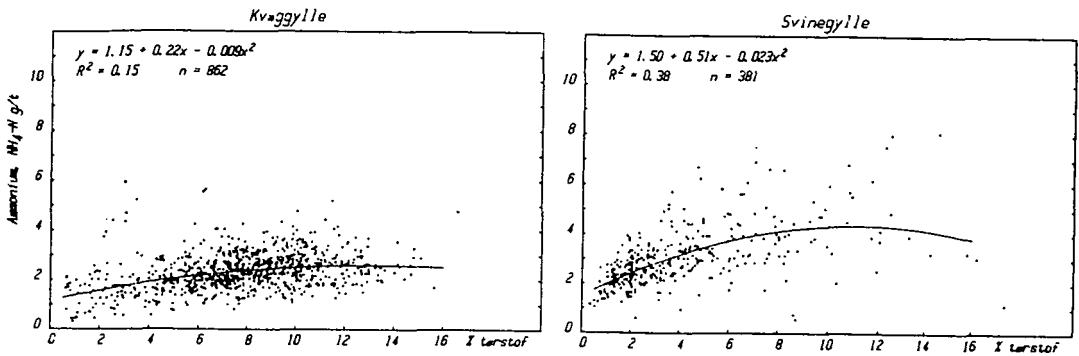
I over halvdelen af svinegyллеprøverne var der mindre end 2 kg K pr. t.

De 2 gylleformer har i 15% af prøverne haft et lavt P-indhold. Medens der kun i en fjerdedel af prøverne af kvæggylle var mere end 1 kg P pr. t, havde over halvdelen af svinegyллеprøverne et P-indhold på denne størrelse. I 14% af prøverne fandtes endog mere end 2 kg pr. t svinegyлле.

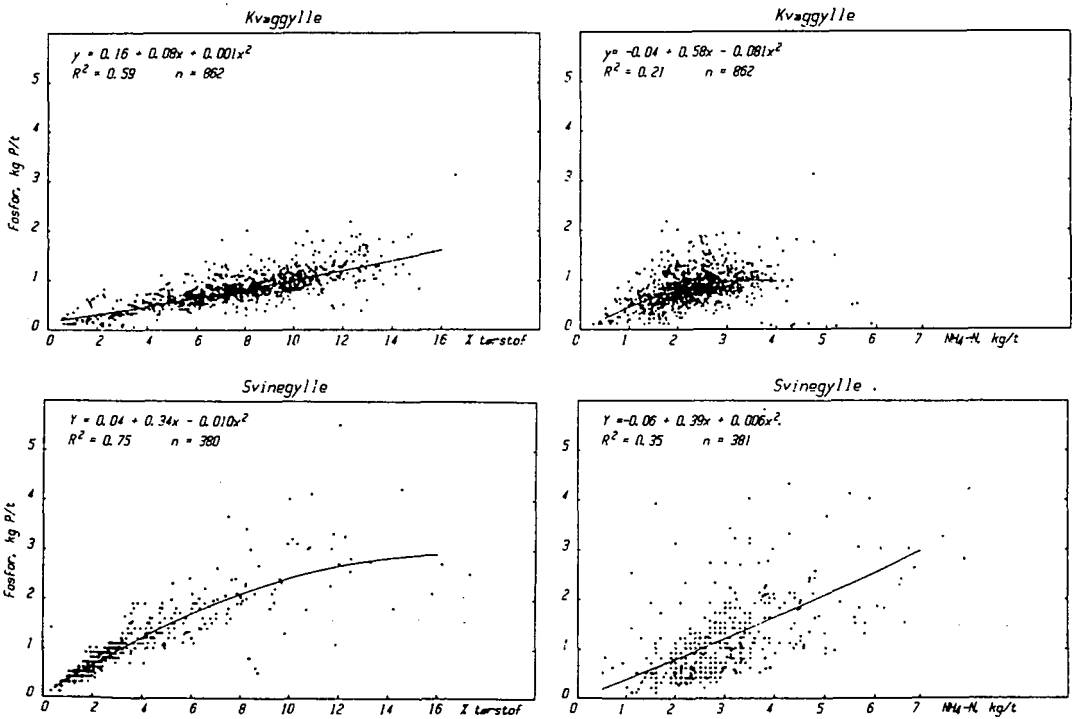


Figur 1. Total-N indhold i gylle som funktion af tørstof- og ammoniumindhold.

Fig. 1 viser indholdet af total-N ved varierende tørstofindhold (venstre side) og ved varierende indhold af ammonium (højre side). Da ammonium-N udgør



Figur 2. Indhold af ammonium i gylle som funktion af tørstofindhold.



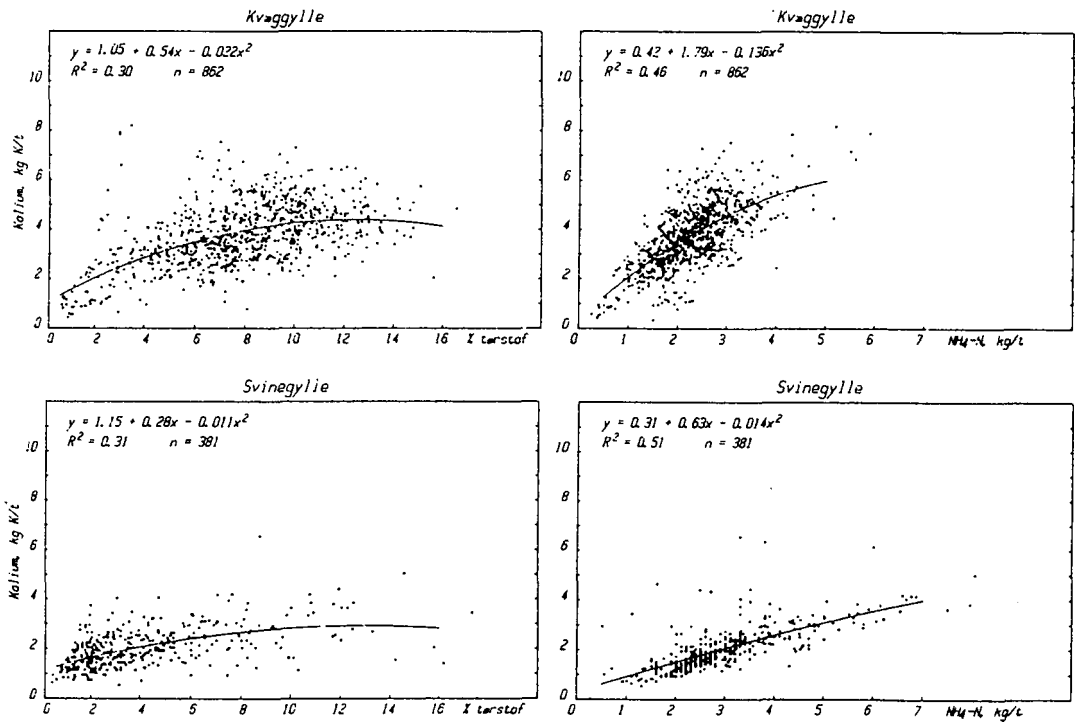
Figur 3. Indhold af P i gylle som funktion af tørstof- og ammoniumindhold.

ca. halvdelen af total-N indholdet i kvæggylle og næsten 2/3 af total-N i svinegylle, er det klart, at en ammoniumbestemmelse vil give et bedre skøn over gyllens indhold af total-N end en tørstofbestemmelse.

Det ses af fig. 2, at regressionslinien mellem indhold af tørstof og ammonium er næsten parallel med grundlinien. Ammoniumindholdet viser så lille sammenhæng med tørstofindhold, at man ikke ud fra et kendskab til tørstofindholdet kan vurdere ammoniumindholdet.

Da ammonium er den for planter lettilgængelige del af total-N, og da der er store variationer i gyllens indhold heraf, må en optimal udnyttelse af gylle forudsætte en ammoniumbestemmelse.

Der er bedre sammenhæng mellem gyllens tørstof- og P-indhold end mellem ammonium- og P-indhold (fig. 3), men selv for svinegylle, hvor der fås en R^2 værdi på 0,75, er sammenhængen mellem tørstof og P usikker.



Figur 4. Indhold af K i gylle som funktion af tørstof- og ammoniumindhold.

Hverken tørstof- eller ammoniumbestemmelse giver noget sikkert skøn over gyllens K-indhold (fig. 4).

3.2 Andre næringsstoffer

Udover makronæringsstofferne N, P og K indeholder husdyrgødning en række andre stoffer, som er nødvendige for planternes vækst (tabel 23 og 24).

Tabel 23. Indhold af forskellige mineralstoffer i husdyrgødning. Gns. af analyser fra 1960-85.

	Tørstof %	Ca kg/t gødning	Mg kg/t gødning	Na kg/t gødning	Cu g/t gødning	Mn g/t gødning	Zn g/t gødning
Fast gødning							
Kvæg	20	3,0	0,9	0,5	15	42	35
Svin	22	4,1	1,0	0,7	43	58	99
Fjerkræ	32	17,9	1,8	3,4	32	154	178
Mink	43	19,2	1,3	1,2	16	105	373
Gylle							
Kvæg	7,7	1,1	0,5	0,7	5	16	12
Svin	3,3	1,0	0,3	0,6	13	11	30
Mink	8,6	6,4	0,5	0,7	6	23	156

Ca-indholdet er meget stort i fjerkræ- og minkgødning (Sønderup et al., 1987). Når der korrigeres for variation i tørstofindhold, er der omtrent samme indhold i fast kvæggødning og kvæggylle. I svinegylle er Ca-indholdet pr. t tørstof godt 1,5 gange så højt som i fast gødning. Ca er der normalt tilstrækkeligt af i dyrket jord, men med husdyrgødning kan der tilføres betydelige mængder.

Mere interessante er mineralstofferne Na, Mg, Cu og Mn.

Na kan have interesse i forbindelse med husdyrgødningens anvendelse til be-deroer, idet Na-tilførsel kan have en positiv virkning på udbyttet. Indholdet af Na i kvæg- og svinegødning er på 0,5-0,7 kg pr. t.

Selv om der i mange landbrugsjorder er tilstrækkeligt Mg, Cu og Mn til ad-

skillige års normal planteproduktion, er der også jorder med så lavt et niveau, at tilførsel er nødvendig. På disse jorder vil gødsning med husdyrgødning i mange tilfælde kunne dække afgrødens behov.

Husdyrgødningernes indhold af Zn har ingen gødningsmæssig betydning. Det relativt høje Zn-indhold i minkgødning kan skyldes anvendelse af galvaniserede bure. Zn-mangel i forbindelse med landbrugets planteproduktion er ikke konstateret her i landet, og forgiftning er kun iagttaget, hvor der er tilført store mængder slam indeholdende adskillige kg Zn pr. t.

I en del jorder er der så lidt B, at der er behov for B-tilførsel. På jorder med lavt indhold af B bør man være opmærksom på B-mangel, dersom roemarken ikke bliver tilført husdyrgødning.

Som for andre plantenæringsstoffer varierer også indholdet af B meget i husdyrgødning (tabel 24).

Tabel 24. Husdyrgødnings indhold af B i foreliggende stof.

	Antal prøver	g B/t gødning
Fast gødning	12	4
Ajle	10	4
Fjerkrægødning	4	7
Gylle	86	3

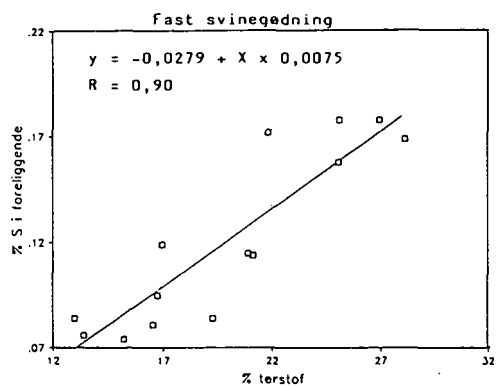
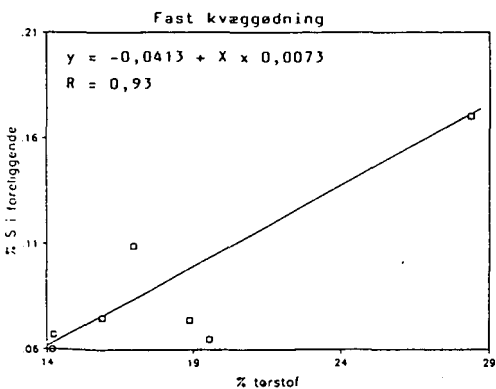
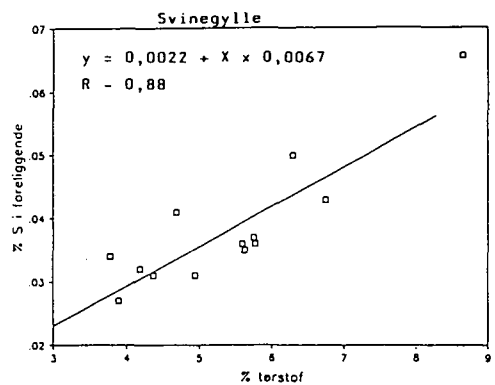
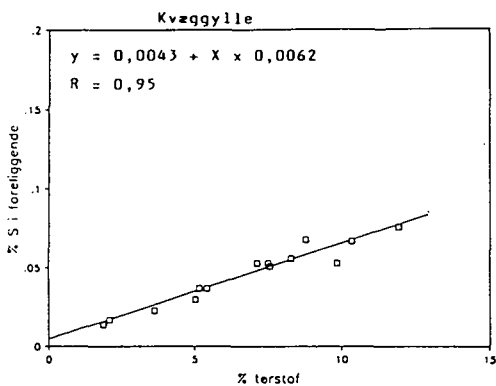
S er et vigtigt plantenæringsstof, som indgår i dannelse af flere vigtige enzymer og aminosyrer i planter. Specielt raps, men også roer og græs, har betydeligt S-optagelse. Hovedparten af S i jorden er organisk bundet og i vækstsæsonen frigøres løbende S (sulfat). Sulfat er vandopløselige og kan udvaskes. S-mangel kan derfor oftest forventes på grovsandede jorder.

S-indholdet i de analyserede prøver var på ca. 1 kg S/t for fast gødning, og ca. 0,4 kg S/t for gylle. De to minkprøver er medtaget til orientering.

I lighed med andre plantenæringsstoffer varierer også S-indholdet i husdyrgødning. Denne variation kan henføres til variationen i tørstofindholdet, idet tørstof- og S-indhold er relativt godt korreleret (fig. 5).

Tabel 25. Husdyrgødningens indhold af S i foreliggende stof.

		Antal prøver	kg S/t gødning
Fast gødning: Kvæg		7	0,88
	Svin	14	1,21
	Mink	1	3,20
Gylle:	Kvæg	15	0,47
	Svin	13	0,38
	Mink	1	0,32



Figur 5. Indhold af sulfat-S i relation til tørstofindhold.

Cl-indholdet i husdyrgødning kan have interesse i forbindelse med gødsning af industrikartofler, da tilførsel af Cl kan reducere tørstofindholdet i knoldene.

Cl-indholdet i kvæg- og svinegødning ligger på ca. 1 kg Cl pr. t, med relativ lille forskel mellem fast staldgødning og gylle.

3.3 Tungmetaller

Interessen for tungmetaller skyldes først og fremmest deres giftighed. Nogle af dem er dog gavnlige i små mængder, medens andre er uønskede.

Indhold af tungmetaller i husdyrgødning er vist i tabel 26.

Tabel 26. Tungmetaller i husdyrgødning (Kofoed & Kjellerup, 1984).

	Antal prøver	Tørstof %	Pb -----	Cd -----	Ni g/t	Cr gødning	Co -----
Fast gødning							
Kvæg	9	19	0,50	0,07	1,04	0,42	0,13
Svin	3	23	0,74	0,06	1,29	1,56	0,29
Fjerkræ	5	44	0,96	0,37	5,46	1,82	0,23
Mink	6	19	0,86	0,07	0,61	0,42	0,23
Gylle							
Kvæg	47	6,3	0,27	0,04	0,52	0,20	0,12
Svin	31	3,8	0,13	0,02	0,55	0,41	0,05

Gyllens indhold af Ni og Cr kan være påvirket af pumpe- og omrøringsystemer i gyllebeholderen. Omregnes tungmetalindholdet til g pr. t tørstof, er indholdet af disse to stoffer da også højere i gylle end i fast gødning.

Gennemsnitstallene i tabel 26 dækker over store variationer. Værdier fra 1/5 til 5 gange tabelværdierne forekommer hyppigt.

4. HUSDYRGØDNING OG N-KREDSLØB

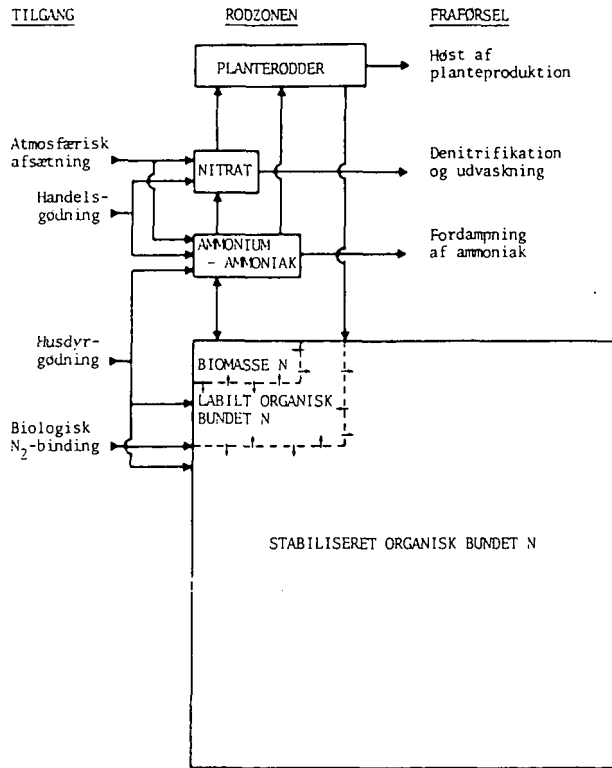
I relation til næringsstofftab fra dyrket jord tilført husdyrgødning, påkalder omsætningen af N i jorden sig særlig interesse. N kan via biologiske og kemiske omdannelser indgå i en række forskellige kemiske forbindelser, der med hensyn til plantetilgængelighed, udvaskningstab og gasformigt tab udviser vidt forskellige egenskaber. I modsætning til de andre makronæringsstoffer (P og K) indgår der således i N-kredsløbet et betydeligt potentiale for næringsstofudveksling mellem jord, luft og vand.

Dette potentiale skaber mulighed for en netto-transport af N fra dyrket jord til det omgivende miljø. En størst mulig udnyttelse af den anvendte N-gødning og en begrænsning af N-tabene fra dyrket jord forudsætter kendskab til de kvalitative og kvantitative aspekter af de processer, der indgår i N-kredsløbet (atmosfærisk afsætning, biologisk N-binding, mineralisering af organisk bundet N, immobilisering af mineralsk N, nitrifikation af ammonium, denitrifikation af nitrat, udvaskning af nitrat, ammoniakfordampning, optagelse af ammonium og nitrat, tilgang og omsætning af organisk bundet N fra rødder, planterester og husdyrgødning) (fig. 6).

En af betingelserne for en korrekt tilførsel af husdyrgødning er et kendskab til gødningens N-indhold, specielt indholdet af ammonium. Ofte vil der blive tilført en husdyrgødningsmængde, hvis ammoniumindhold svarer til den mængde N i handelsgødning, der ellers skulle være anvendt. Herved tilføres rodzonen en betydelig mængde organisk bundet N, der vil indgå i omsætningerne i rodzonen. En del af det organisk bundne N vil kunne omdannes til mineralsk N (mineraliseres) inden for 1 til 2 år efter tilførslen (labilt organisk N), men en betydelig del vil være mere langsomt omsætteligt og indgå i den stabiliserede organiske N-pulje. Mængden af det tilførte organisk bundne N vil afhænge af husdyrgødningens art og oprindelse, som omtalt i afsnit 3.1. Mineraliseringen af det med husdyrgødningen tilførte organisk bundne N er kun lidt undersøgt.

Rodzonen's forskellige N-puljer (rødder, nitrat, ammoniak/ammonium, biomasse, labilt og stabiliseret organisk N) er i fig. 6 søgt afbildet, således at kassernes størrelsesforhold svarer til puljernes gennemsnitlige størrelsesforhold.

Den største N-pulje i rodzonen udgøres af stabiliseret organisk bundet N. Denne pulje kan i jord, der har været dyrket gennem lang tid (mere end 50-100



Figur 6. Skematisk diagram over omsætningen af N i rodzonen.

år), skønnes til 70 til 90% af rodzonens samlede N-indhold, som for danske jorde er opgjort til 6-12 t N pr. ha.

Omsætningshastigheden af stabiliseret organisk bundet N er langsom. Det antages normalt, at den årlige mineralisering fra denne pulje andrager 1-3% af puljens størrelse, afhængig af blandt andet jordtype, temperatur og fugtighed. På baggrund af disse antagelser kan den årlige mineralisering fra denne pulje skønnes til mellem 30 og 300 kg N pr. ha.

Det labilt organisk bundne N består af lettere omsættelige organiske N-forbindelser hidrørende fra planterester, husdyrgødning og biologisk bundet N. Puljens størrelse vil derfor i høj grad være afhængig af driftsformen, især tilgangen af organisk materiale til rodzonen (fx i form af husdyrgødning). Den årlige mineralisering fra denne pulje kan skønnes til mellem 10 og 100 kg N pr. ha.

Den tredje organisk bundne N-pulje i jorden udgøres af den mikrobielle biomasse, der varetager nedbrydningen (mineraliseringen) af organisk bundet N i jorden. Biomassens størrelse varierer med jordtype og driftsform. Såfremt tilgangen af lettere omsætteligt organisk stof til jorden øges, kan jordens biomasse øges. Er N-indholdet i det tilførte organiske stof lille, vil biomassen ved nedbrydningen kunne fastlægge (immobilisere) mineralsk N og derved omdanne dette til organisk bundet N.

Ved nedbrydningen af organisk stof i jorden vil en del af det organisk bundne N (stabiliseret, labilt og biomasse N) frigøres som mineralsk N (ammoniak/ammonium). En del af det mineralske N vil atter immobiliseres under nedbrydningsprocessen. Samtidigt vil en del blive indlejret i nye organiske forbindelser, der frigøres fra biomassen under nedbrydningen. Disse nydannede organiske N-forbindelser kan i jorden blive stabiliseret og kan sammen med nedbrydningsrester (fx delvis omdannet planteligning og cellevægskomponenter fra bakterier og svampe) indgå i jordens stabiliserede organiske N-pulje.

Ammonium dannet ved mineralisering eller tilført med husdyrgødning kan omdannes til nitrat. En stor del af jordens ammoniumpulje er bundet til jordkolloider. En mindre del (sædvanligvis < 10%) er fikseret i lermineraller og dermed ikke umiddelbart tilgængeligt. Ved højt pH i jorden eller ved tilførsel af ammonium/ammoniak (fx ved anvendelse af husdyrgødning) kan der ske ammoniakfordampning fra jorden. Størrelsen af ammoniaktabet ved anvendelse af husdyrgødning er afhængig af udbringningsmåden og de klimatiske forhold, men kan udgøre mere end halvdelen af den tilførte ammoniakmængde. Ammoniumpuljen i jorden udviser store svingninger i løbet af året og afhænger af mineralisering, nitrifikation, planteoptagelse og ammoniakfordampning.

Nitratpuljen udviser ligeledes store svingninger over året. Puljens størrelse er stærkt afhængig af planteoptagelse og betingelserne for udvaskning og denitrifikation. Ved overskudsnedbør og nedadgående vandstrøm kan nitrat udvaskes fra rodzonen, idet nitrat i modsætning til ammonium ikke bindes nævneværdigt til jordens kolloider.

Mineraliseringen af organisk bundet N fortsætter efter at planternes optagelse er ophørt, såfremt temperatur og fugtighedsforholdene i jorden er gunstige. Nitrat dannet efter vækstsæsonens afslutning kan ophobes i jorden og være udsat for udvaskning, medmindre der foregår en "forlængelse" af vækstsæsonen for eksempel ved anvendelse af en efterafgrøde. Anvendes afgrøder med en lang vækstperiode (fx bederoer eller græs) kan ophobningen af nitrat i jorden

mindskes, hvorved den potentielle udvaskning fra rodzonen nedsættes.

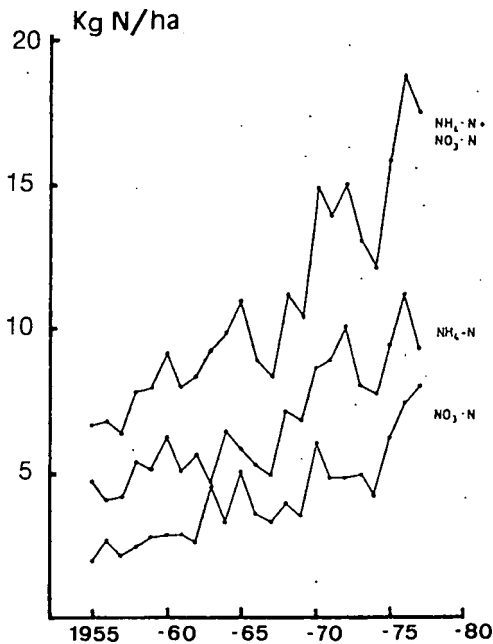
Også i forårsperioden før vækstsæsonens begyndelse kan der foregå en mineralisering af organisk bundet N. Normalt vil det om foråret dannede nitrat være mindre udsat for udvaskning, idet den nedadgående vandstrøm i jorden (afstrømningen) sædvanligvis ophører i løbet af marts måned. Herefter vil nitrat og ammonium kunne ophobes i jorden, indtil planteoptagelsen begynder.

Jordens pulje af mineralsk N tilført med gødning eller dannet ved mineralisering af organisk bundet N (fx husdyrgødning) er udsat for denitrifikationstab. Dette tab afhænger af jordtype, jordens vandmætning, jordens temperatur, jordens indhold af nitrat og jordens pulje af lettilgængeligt organisk stof. Ved anvendelse af husdyrgødning tilføres jorden betydelige mængder organisk stof samt N på såvel mineralsk som organisk form. En del af det organiske stof i husdyrgødningen er letomsætteligt og kan således levere energi til denitrifikationsprocessen, samtidigt med at der mineraliseres N. Da der også tilføres mineralsk N (i form af ammonium som i jorden omdannes til nitrat), kan anvendelsen af husdyrgødning, især i større mængder, antages at give gode betingelser for denitrifikation. Virkningen kan formodes at afhænge af husdyrgødningens art (fast staldgødning, gylle, ajle), indhold af letomsættelige organiske forbindelser, indhold af mineralsk N og endelig af gødningens tørstofindhold. Betingelserne for denitrifikation er ofte fundet at være optimale i forårs- og forsommerperioden, men tab ved denitrifikation kan udvise en betydelig variation fra år til år. For en mere detaljeret gennemgang af denitrifikationen i dyrket jord henvises til 1. udgave af denne S-beretning.

Omsætningen af N i dyrket jord udgøres altså af en række forskellige processer, som gensidigt påvirker hinanden. Den kvantitative betydning af de enkelte processer og resultatet af deres samspil er betinget af såvel jordtype, klimaforhold som dyrkningssystem, herunder anvendelse af husdyrgødning. Det er derfor vigtigt ved såvel undersøgelser som debat vedrørende en mere økonomisk og miljøvenlig anvendelse af husdyrgødningen at tage udgangspunkt i den betydning de biologiske, kemiske og klimatiske forhold har for N-udnyttelsen og dermed også N-tabet.

5. FORDAMPNING AF AMMONIAK

Der er beregnet, at en trediedel af husdyrgødningens indhold af N fordampes som ammoniak (Miljøstyrelsen, 1984). Tilsvarende tab af N ved ammoniakfordampning fra husdyrgødning er beregnet i andre lande (Buijsman et al., 1987; Kruse et al., 1989). Disse opgørelser viser endvidere, at ammoniakfordampningen fra husdyrgødning udgør hovedparten af ammoniaktilførslen til atmosfæren (Cass et al., 1982; Buijsmann et al., 1987).

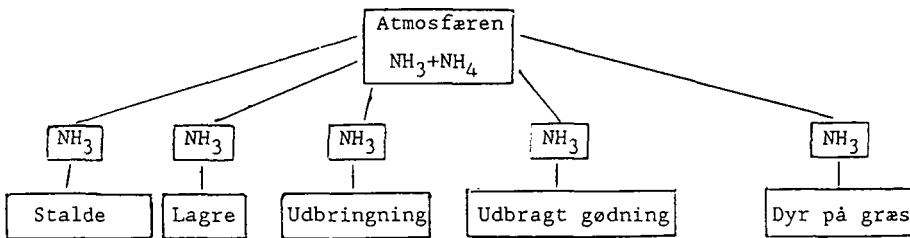


Figur 7. Det atmosfæriske nedfald af nitrat og ammonium målt ved Askov Forsøgsstation 1955-77.

Det er konstateret, at afsætningen af ammonium med nedbøren har været stigende (fig. 7). En del af stigningen skyldes ammoniakfordampning fra husdyrgødning, idet opgørelser viser at ammoniakfordampningen fra husdyrgødning er steget de sidste 100 år (Asman et al., 1988). Ved fordampningen af ammoniak tabes et gødningsmiddel, der skal erstattes ved indkøb af handelsgødning. Idet

afsætningen af ammoniak er en forureningsfaktor for N begrænsede natursystemer, er det vigtigt at få et bedre kendskab til ammoniaktabets størrelse og til mulighederne for at begrænse tabet.

Fig. 8 viser, hvorfra ammoniakfordampning fra husdyrgødning kan finde sted. I Miljøstyrelsens opgørelse fra 1984 blev ammoniakfordampningen fra gødning fra græssende køer ikke beregnet særskilt, fordi dette tab blev anset for at være af samme størrelse som den samlede ammoniakfordampning fra stalde, lagre, ved udbringning og fra udbragt gødning. I det følgende vil ammoniakfordampningen fra husdyrgødning blive omtalt udfra posterne stald, lager, udbringning, udbragt gødning og fra kreaturer på græs.



Figur 8. Ammoniakfordampning fra husdyrgødning.

5.1 Tab fra stalde

Statens Jordbrugstekniske Forsøg (Pedersen et al., 1987) har undersøgt ammoniakfordampningen fra stalde ved målinger af ammoniakkoncentrationen i staldluft, der derefter omregnedes til absolutte tab udfra kendskab til luftskiftet i stalden. Undersøgelsen viste, at der ikke var forskel på ammoniakfordampningen i stalde med forskellige typer af ventilation, heller ikke i de stalde, hvor der var gulvudsugningskanal. Af de forskellige typer af kvægstalde var ammoniakfordampningen i ungdyr- og kalvestalde størst. Der var ikke målelige forskelle mellem forskellige typer af svinestalde. Det målte ammoniaktab var endvidere uafhængigt af årstiden.

På baggrund af disse målinger blev det beregnet (Pedersen et al., 1987), at der årligt fordampede 9000 t N fra stalde. Denne størrelse skal ses i forhold til, at der årligt produceres mere end 300.000 t N i husdyrgødning. Ryden et al. (1987) fandt ved samme type målinger som Pedersen et al. (1987), at ammoniaktabet fra en kvægstald var fra 2 til 20% af total-N indholdet i gødningen.

I denne undersøgelse var der en årstidseffekt, og de laveste tab blev fundet om vinteren. Ved bestemmelse af forskelle i indholdet af total-N i ajle og fast gødning fra dyr og i gødning opsamlet fra staldgulvet, er der ved temperaturer over 5°C målt tab fra 10 til 50% af ammoniumindholdet i gødningen (Muck & Richards, 1983). Disse værdier er høje i forhold til andre opgørelser af det samlede ammoniaktab fra stalde og lagre, hvor der normalt regnes med et tab på 10 til 20% af N-indholdet (Kruse et al., 1989; Buijsman et al., 1987).

5.2 Tab fra lagre

Gødningslagre kan være af meget forskellig beskaffenhed og udformning, hvorfor tabet fra disse vil variere meget. I relation til ammoniaktabet kan opbevaringsbetingelserne karakteriseres som anaerobe (iltfrie) eller aerobe. Kirchmann (1985) angiver på baggrund af et omfattende litteraturstudium, at anaerob opbevaring af fast gødning giver de laveste ammoniaktab (5-20% af gødningens total-N) mens hel eller delvis aerob opbevaring resulterer i større ammoniaktab (op til mere end 40% af N-indholdet). I de citerede forsøg var gødningens opbevaringstid sædvanligvis mellem 3 og 9 måneder.

Overfladens karakter og tilstedeværelsen af diffusionsbarrierer har stor indflydelse på ammoniaktabets størrelse. Effekten af en diffusionsbarriere kan tilskrives den lave transporthastighed af ammonium i vandige opløsninger. Diffusionshastigheden af ammonium i gylle vil ikke være større end hastigheden i vand, hvorfor det kan beregnes, at ammonium i lagret gylle uden omrøring bevæger sig ca. 20 cm over en 8 måneders periode. Ammonium fra dybere lag vil dog alligevel kunne tabes, fordi der formentlig finder en vis naturlig opblanding sted, som følge af dannelse af gasbobler ved biologiske omsætning, og som følge af temperaturgradienter i gyllen.

Det er beregnet (Muck & Steenhuis, 1982), at tilførsel af gylle til lagrets bund giver anledning til en fordampning på mindre end 15% af gyllens indhold af ammonium. Med samme model blev det beregnet, at ammoniakfordampningen ved udmugning af fast gødning til kegleformet møgstak kan udgøre op til 60% af gødningens ammoniumindhold. Tabet afhænger af temperatur, gødningens pH og størrelsen af den enkelte tilførsel af gødning til lagret. De største tab finder sted fra gødning med højt pH, ved høj temperatur og ved tilførsler af små mængder gødning ved hver tilførsel. Resultaterne af disse beregninger er siden blevet verificeret (Muck et al., 1984).

I perioder uden omrøring vil de fleste gylletyper danne et flydelag. Dette virker formentlig begrænsende på ammoniaktabet, fordi der i flydelaget dannes et stillestående luft- og vandfyldt lag, hvorigennem ammoniakken transporteres ved diffusion. Der dannes ligeledes en diffusionsbarriere, hvis der opstår et stillestående luftlag over gødningen fx ved etablering af læ omkring gødningslagret.

Ved at mindske overfladen af gylle mindskes ammoniaktabet, dette kan evt. ske ved etablering af et kunstigt flydelag af kugler. Visse materialer virker absorberende på ammonium og virker derved yderligere hæmmende på tabet af ammoniak. Ammoniaktabet vil derfor blive begrænset ved tilførsel af fx halm, savsmuld, sphagnum (Kirchmann, 1985) eller lecasten.

5.3 Tab ved udbringning

Der findes kun få undersøgelser af ammoniaktabet fra husdyrgødning i udbringningsfasen (fra læsning ved lager til gødningen er bragt ud i marken). Tabet er enten blevet bestemt indirekte ved måling af forskelle i ammoniumindholdet i gylletanken og i gylle opsamlet efter udbringning (Sommer & Christensen, 1989a; Besson et al., 1986) eller ved direkte målinger af koncentrationen af ammoniak i luften under udsprøjtningen (Pain et al., 1989).

Ammoniaktabet bestemt med den indirekte metode vil bestå af tabet under udspreddingen og tabet medens gylle ligger i opsamlingsbeholderen. Ved disse målinger bestemmes derfor et tab, der vil være større end tabet alene ved udsprøjtningen. Af tabel 27 ses, at den målte ammoniakfordampning er meget afhængig af gylleprøvernes håndtering. De største tab blev fundet, når opsamlingsbeholderne med låg tillod, at ammoniak fordampede under opbevaring (indtil luften i beholderne blev mættet). Tabet målt ved denne metode var af samme størrelse som tab fundet ved undersøgelser, hvor gyllen lå i 20 minutter inden opsamling (Besson et al., 1986).

I de forsøg, hvor gyllen straks blev overført til lufttætte bægre (volumen 200 ml) var de målte tab mellem 1% og 4% af den udbragte ammonium (tabel 27). Tabene var uafhængige af temperatur og af maskintypen, der blev anvendt. De relativt små tab af ammoniak i forbindelse med selve udspreddingen må tilskrives, at den tid gyllen svæver i luften er så kort, at der på grund af diffusionshastighedens begrænsning af ammoniakfordampningen, kun kan nå at foregå et mindre tab.

Tabel 27. Fordampning af ammoniak ved udsprøjtning af gylle.

Metode ^{*)}	Tidspunkt	Temp. °C	Maskine ^{**) nr.}	Fordampet ammoniak, % af udbragt
L	08.12.87	-1	1	20
		-1	2	20
	22.02.88	5,9	1	11
		5,9	2	7
		5,9	3	11
	16.11.87	7,5	1	40
		7,5	2	17
	26.08.87	13,7	1	14
		13,7	2	9

B	17.02.89	2,5	2	2
	14.12.88	3,9	1	1
	12.10.88	9,6	1	3
		9,6	2	4
	10.05.89	11,2	2	4
	13.06.89	23,2	2	2

*) Gyllen opbevaret i 6 liter opsamlingsbeholder med låg (L), eller i lufttæt bager (B) indtil analyse.				
**) Spredébillede: Maskine Spredenhøjde Spredelængde Spred bredde				
	nr.	-----	meter	-----
	1	1	9,5	11
	2	2	4,2	6
	3	1	1,0	12

Eventuelle forskelle i fordampningen ved brugen af de to maskintyper vil næppe kunne afsløres med den anvendte metode. De registrerede forskelle i ammoniakfordampningen skyldes antageligt forskelle i den tid, det har taget før prøverne er overført fra opsamlingsspandene til de lufttætte bage. Direkte målinger af ammoniakfordampningen støtter denne antagelse (Pain et al., 1989),

idet der med disse blev målt et tab på mindre end 1% af den udbragte ammonium.

Det må derfor konkluderes, at ammoniaktabet i forbindelse med udsprøjtningen af gylle med de her anvendte maskintyper er mindre end 5% af den udbragte ammonium.

5.4 Tab fra udbragt gødning

Tabet af ammoniak vil være stærkt begrænset, hvis husdyrgødning nedfældes direkte eller nedbringes umiddelbart efter udbringning på jordoverfladen. Der tabes ikke ammoniak fra direkte nedfældet gylle, såfremt der opnås en god jorrdækning af gyllen (Hoff et al., 1981; Thompson et al., 1987). I tilfælde hvor furen efter nedfældertanden bliver stående åben, sker der et mindre tab (upubliceret forsøg, Askov Forsøgsstation).

Ammoniaktabet øges med den tid gyllen henligger på jordoverfladen inden

Tabel 28. Gennemsnitligt ammoniaktab fra svinegylle med forskelligt pH og tørstofindhold. Gyllen blev udbragt på jordoverfladen ved forskellige temperaturer (Sommer & Christensen, 1989b).

Gyllens henliggetid	Temperatur					
	3 - 7°C			7 - 16°C		
	Ammoniaktab			Ammoniaktab		
	% ^{*)}	CV ^{**)}	Andel ^{***)}	%	CV	Andel
6 timer	5	71	0,20	10	85	0,28
12 timer	7	61	0,31	15	79	0,43
18 timer	9	57	0,36	18	72	0,51
1 døgn	10	53	0,42	21	65	0,59
1,5 døgn	13	49	0,54	24	58	0,68
2 døgn	15	48	0,62	27	56	0,75
6 døgn			1,00			1,00

*) Ammoniaktab i % af ammoniumindholdet i gylle.

**) CV = variationskoefficient (%).

***) Andel af ammoniaktab i forhold til det samlede tab af ammoniak efter 6 døgn henliggetid.

nedbringningen.

Det er vigtigt at kende ammoniaktabet fra gødning udbragt i foråret eller forsommeren, fordi gødning bør udbringes når afgrødernes behov for næringssalte er størst. I tabel 28 ses en opgørelse af ammoniaktabet fra svinegylle ved forskellig henliggetid og ved temperaturområder, der svarer til henholdsvis forår og forsommer. Ved 7-16°C er hastigheden af fordampningen stor. Halvdelen af den ammoniak, der fordamper i løbet af 6 døgn, tabes således indenfor de første 18 timer. Ved 3-7°C er halvdelen af den ammoniak, der fordamper i løbet af 6 døgn, tabt efter 1 1/2 døgn. Udbringes gylle om foråret, vil nedbringning i løbet af det første døgn således begrænse ammoniaktabet til mindre end 10% af gyllens ammoniumindhold. Om sommeren skal gyllen derimod nedfældes direkte eller nedbringes umiddelbart efter udbringningen, hvis ammoniakfordampning ønskes begrænset til samme niveau.

Da der er udbragt svinegylle med forskellig sammensætning i den pågældende undersøgelse, er spredningen på målingerne stor. Således er ammoniaktabet ubetydeligt fra gylle med lavt tørstofindhold og fra gylle med pH under 6,8. Gylle med højt tørstofindhold og højt pH udviste de største tab (50% af ammoniumindholdet i gyllen).

Såfremt gødningen ønskes udbragt om sommeren, og det ikke er muligt at nedbringe gødningen, kan ammoniakfordampningen begrænses ved at placere gødningen på jorden mellem planterne. Plantedækket vil nedsætte vindhastigheden ved jordoverfladen og dermed betingelserne for fordampning af ammoniak fra gødningen. Planterne kan endvidere til en vis grad optage ammoniak fra luften, hvorved en del af den fordampede ammoniak ikke går til atmosfæren (Denmead et al., 1976; Whitehead & Lockyer, 1987). Desuden vil de laveste tab fra gødning på jordoverfladen finde sted i køligt og fugtigt vejr (evt. regn).

5.5 Tab fra dyr på græs

Ammoniak fordamper fra gødning produceret af græssende dyr. Tabene kan være høje, fordi dyrene går ude om sommeren, og fordi afgræsningen kan medføre, at vegetationen ikke yder læ. Desuden er det begrænset, hvor meget ammoniak en nedgræsset vegetation kan optage fra luften. Ved en afgræsning svarende til 12,2 kreaturer i en rotation på 28 dage fordampede 20,7 kg N pr. ha (Ryden & McNeill, 1984). Fra en lucerne mark med 50 får pr. ha var den målte daglige fordampning 0,26 kg ammonium-N pr. ha (Denmead et al., 1974).

6. UDVASKNING AF NÆRINGSSTOFFER

6.1 Overfladeafstrømning

Når regnvand eller smeltevand ikke kan sive hurtigt nok ned i jorden, kan der på arealer med hældning ske en overfladeafstrømning. Det afstrømmende vand kan transportere såvel jord som overfladeudbragt husdyrgødning ud i vandløb og søer. Under sådanne forhold kan der tabes næringsstoffer fra husdyrgødningen.

Overfladeafstrømning kan i princippet forekomme hele året rundt, når nedbørsintensiteten er tilstrækkelig høj, altså fx også ved kraftige tordenbyger. Betydende overfladeafstrømning forekommer dog hyppigst i vinterhalvåret og især i to situationer: 1) under tøbrud dvs. ved regn og/eller snesmeltning, når jorden er frostbundet og dermed uigennemtrængelig for vand, og 2) ved moderat, men langvarig regn på ikke frostbundet jord med en meget lav vandgennemtrængelighed (fx fordi jorden er kompakt, vandmættet og tilslemmet i overfladen). Situation 1 kan optræde selv på forholdsvis plane arealer (Uhlen, 1981). Situation 2 vil især kunne optræde på vintersædsarealer med hjulspor på tværs af højdekurver, hvilket er iagttaget i England (Colborne & Staines, 1985) og i orienterende undersøgelser ved Foulum vinteren 1988/89.

Uhlen (1978) har i Sydnorge igennem to vintre undersøgt næringsstofudvaskningen fra husdyrgødningsprøver placeret udendørs på sækkelærred. Han fandt følgende tab af næringsstoffer tilført med gødningen: total-N: 22-44%, total-P: 28-39%, K: 85-96%, S: 29-30%, Cl: 92-99%, Na: 91-94%, Ca: 9-31% og Mg: 4-33%. Det organisk bundne N blev ikke vasket ud.

Uhlen (1978) har desuden igennem 6 år målt overfladeafstrømning og tab af næringsstoffer fra parceller tilført husdyrgødning i vinterhalvåret. Næringsstofftabene varierede betydeligt fra år til år og afhang især af jordens frostbundethed og snemængden, og dermed af mængden af overfladeafstrømmende smeltevand, der passerede gennem husdyrgødningen (tabel 29). Tabsstørrelserne kan dog ikke direkte overføres til danske forhold, idet overfladeafstrømningen her generelt er mindre end i Norge. De norske resultater vedrørende betydningen af snemængde og frost i jorden er bekræftet af midtsvenske og nordamerikanske undersøgelser (Brink et al., 1983; Klausner et al., 1976). Husdyrgødningens konsistens på udbringningstidspunktet fandtes ikke at have væsentlig indflydelse på tabenes størrelse, med mindre der er tale om stærkt hældende terræn eller tilførsel af så store mængder gylle at den kan flyde af sig selv (Uhlen, 1981).

Tabel 29. Tab af næringsstoffer med overfladeafstrømmende vand fra husdyrgødning udbragt oven på 3,73 x 20,0 m store parceller ved Ås i Sydnorge (efter, Uhlen 1978, 1981).

Udbring- ningsdato	Husdyr- gødning t/ha	Hældnings- grad %	Overflade- afstrømmende vand, mm	Tab fra husdyrgødning						Betingelser under gødningsudbring- ningen
				N kg/ha	P %	P kg/ha	K %	K kg/ha		
30.01.72	40	9	150	13	9	11	16	101	59	Megen sne og
30.01.72	80	9	158	19	7	20	15	234	67	frostbundet jord
15.02.73	60	9	32	5	2	3	3	56	29	Lidt sne, optøet jord
12.10.73	60	4,5	237	4	2	3	7	4	8	Overfladeudbragt ²⁾
12.10.73	60	4,5	192	-	-	-	-	-	-	Nedbragt ²⁾
11.11.74	60	4,5	207 ³⁾	4	2	4	8	9	35	Udbragt på græs på
11.11.74	60	9	158	5	2	3	5	8	34	optøet jord
02.04.75	60	4,5	0	0	0	0	0	0	0	Ikke sne, og optøet
02.04.75	60	9	0	0	0	0	0	0	0	jord
10.02.77	60	4,5	237	97	30 ⁴⁾	15	14	136	70	Megen sne og frost-
10.02.77	60	9	218	95	30	13	13	122	73	bundet jord

1) Procentandel vasket bort af tilført næringsstof.

2) Gødsning om efteråret på ikke frossen jord med og uden nedbringning. P.g.a. mindre overfladeafstrømning og jorderosion efter nedbringning af husdyrgødningen blev næringsstofftabet lavere end i parcellen uden husdyrgødning.

3) Den større overfladeafstrømning i mm ved 4,5%'s hældning end ved 9%'s hældning skyldes forskelle i snemængde og jordens frostbundethed.

4) Svarer til 60% af indhold af ammonium-N ved udbringningen.

6.2 Nedvaskning af N

Nedsivning af N fra udbragt husdyrgødning afhænger af et samspil af flere faktorer. De vigtigste er nedbør og dermed afstrømning, jordtype, afgrødeart og tilført mængde N. Desuden vil mineralisering i afstrømningsperioden af organisk bundet N hidrørende fra husdyrgødningen påvirke N-udvaskningens størrelse.

Undersøgelser over udvaskning efter anvendelse af husdyrgødning er gennemført som lysimeterforsøg ved Askov Forsøgsstation i perioden 1974-83. Der blev anvendt grovsandet jord (JB1) fra Lundgård og lerjord (JB7) fra Rønhave (Larsen & Kjellerup, 1989). Formålet var blandt andet, at undersøge sammenhængen mellem gødskning og det afstrømmende vands indhold af plantenæringsstoffer. I lysimetre opsamles hele vandmængden, der siver ud af rodzonen. Den totale næringsstofudvaskning fra rodzonen kan derfor bestemmes.

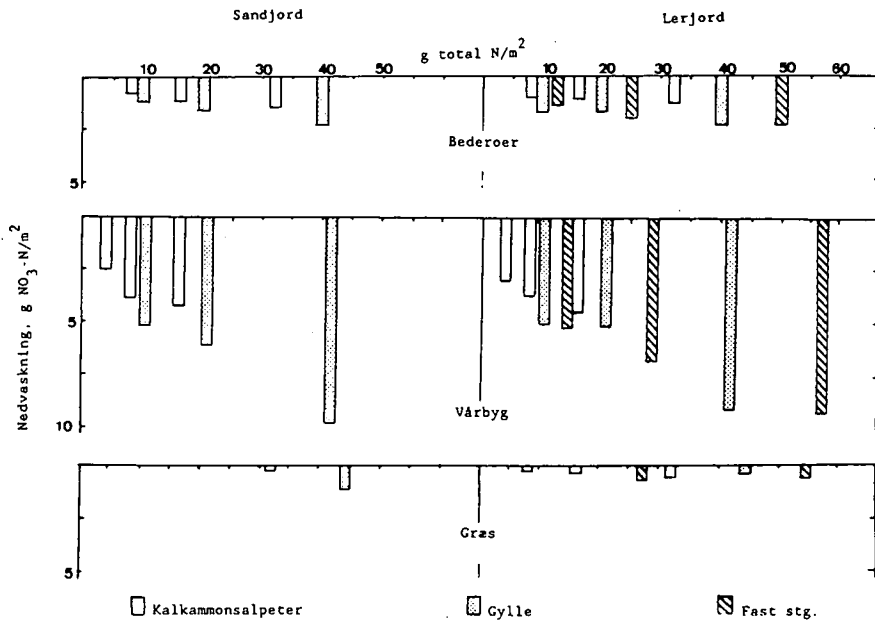
Nedvaskningen efter tilførsel af husdyrgødning blev sammenlignet med nedvaskningen i forsøgsled gødet med NPK i handelsgødning.

6.2.1 Årlig tilførsel af kvæggødning

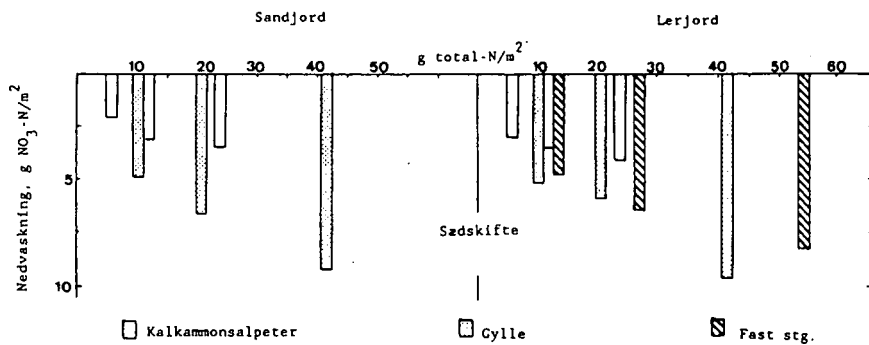
Nedvaskning af N (fig. 9) er størst efter vårbyg, mindre efter roer og mindst efter græs. Den større nedvaskning fra vårbyg skyldes, at N-optagelsen ophører i løbet af juli måned. Organisk bundet N tilført med husdyrgødning og mineraliseret i jorden efter høst er udsat for udvaskning i den efterfølgende afstrømningsperiode. Dette gælder også for N mineraliseret fra rodrester og fra jordens organiske N-pulje.

Afgrøder med en længere vækstsæson som fx rodfrugt og græs optager også N i eftersommeren, hvorfor N-nedvaskningen bliver væsentlig mindre.

Den gennemsnitlige årlige nedvaskning af N i et sædskifte med bederoer, byg, græs og byg efter årlig tilførsel af samme mængde total-N i form af kvæg- og handelsgødning, var størst efter anvendelse af kvæggødning (fig. 10). Derimod var der ikke større forskel i N-nedvaskningen på ler- og sandjord efter gødskning med husdyrgødning.



Figur 9. Nedvaskning af nitrat i perioden efterår til 1. februar ($\text{g NO}_3\text{-N/m}^2$) efter stigende tilførsel af husdyr- og handelsgødning.



Figur 10. Gennemsnitlig nedvaskning af nitrat ($\text{g NO}_3\text{-N/m}^2$) i sædskifte (bederoer, byg, græs og byg).

6.2.2 Periodisk tilførsel af kvæggødning

Nedvaskning af N som gennemsnit af et sædskifte med roer, byg, græs og byg efter tilførsel af moderate mængder husdyrgødning hvert år i forhold til udbringning af større mængder hvert andet eller hvert fjerde år er vist i tabel 30 (Larsen & Kjellerup, 1989).

Tabel 30. Nedvaskning af nitrat ($\text{g NO}_3\text{-N/m}^2$) efter årlig eller periodisk tilførsel af kvæggødning. Gns. af sædskiftet (1974-83). Lysimeterforsøg.

Tilført gødningsmængde	Nedvaskning, $\text{g NO}_3\text{-N/m}^2/\text{år}$		
	Gylle		Fast stg.
	Lundgård (JB1)	Rønhave (JB7)	Rønhave (JB7)
2,5 kg/m^2 hvert år	4,5	4,6	4,3
5,0 - - andet år	3,5	3,0	3,8
10,0 - - fjerde år	3,8	4,5	3,1
5,0 kg/m^2 hvert år	6,0	5,3	6,0
10,0 - - andet år	3,7	4,1	4,6
20,0 - - fjerde år	4,1	3,8	4,1
10,0 kg/m^2 hvert år	8,5	8,7	7,7
20,0 - - andet år	5,4	5,1	5,8
40,0 - - fjerde år	5,3	5,7	6,5

Som ventet er der målt stigende nedvaskning ved stigende gødningstilførsel, og N-nedvaskningen i sædskiftet har været størst efter årlig tilførsel.

Fast staldgødning har generelt givet lidt større N-nedvaskning end gylle, hvilket kan skyldes det større indhold af total-N i fast staldgødning.

6.3 Nedvaskning af andre næringsstoffer

Nedvaskningen af vandopløseligt P har været mindre end 0,03 g pr. m² (svarende til 300 g pr. ha) og var ikke påvirket af de anvendte gødningsmængder eller gødningsformer.

Tabel 31. Nedvaskning af K (g K/m²) efter forskellige afgrøder. Lysimeterforsøg.

Afgrøde	Handelsgødning			Kvæggødning*)		
	1/2	1	2	2,5	5	10
	NPK			kg/m ²		
Lundgård (JB1)						
Roer	1,3	1,3	1,6	1,3	1,2	1,5
Byg	1,3	1,2	1,7	1,2	1,1	1,5
Græs	1,3	1,1	1,4	1,1	1,0	1,7
Rønhave (JB7)						
Roer	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Byg	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Græs	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3

^{*)} Kun gylle på sandjord.

Der har ikke været forskel i K-nedvaskning hverken mellem de forskellige afgrøder eller gødningstyper (tabel 31).

Derimod var der forskel i nedvaskningen fra de to jordtyper. På sandjorden har K-nedvaskningen varieret mellem 1,0 og 1,7 g K pr. m² (10 til 17 kg K pr. ha), mens den var væsentlig mindre efter afgrøderne på lerjorden, 0,3-0,4 g K pr. m² (3 til 4 kg K pr. ha).

På lerjorden var nedvaskningen af de forskellige andre plantenæringsstoffer nogenlunde ens efter anvendelse af de to former for husdyrgødning (tabel 32).

Na-nedvaskning efter gylletilførsel har været større på sandjord end på lerjord. For begge jordtyper gælder, at nedvaskningen efter anvendelse af husdyrgødning er større end efter handelsgødning. Da der ikke er anvendt en speciel Na-holdig handelsgødning må denne forskel være et udtryk for udvaskning

Tabel 32. Nedvaskning af Na, Ca, Mg, Cl og sulfat-S (g/m^2) efter tilførsel af kvæg- og handelsgødning (1974-83).

	Handelsgødning			Kvæggødning					
				Gylle			Fast gødning		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
	NPK			kg/m ²					
	Lundgård (JB1)								
Na	2,6	2,8	3,1	3,9	5,0	6,8			
Ca	26,3	31,7	42,7	27,8	32,3	36,5			
Mg	0,9	1,0	1,3	0,9	1,0	1,2			
Cl	9,2	13,4	22,0	8,3	10,2	13,6			
SO ₄ -S	5,8	8,2	13,1	4,5	4,5	5,4			
	Rønhave (JB7)								
Na	2,6	2,4	1,9	3,5	4,4	4,6	3,4	3,7	4,5
Ca	45,3	49,8	61,5	43,1	42,0	47,9	41,4	46,8	47,8
Mg	1,9	2,0	2,5	1,9	1,8	2,0	1,9	2,1	2,0
Cl	8,8	12,3	20,6	6,9	9,1	12,5	6,6	7,1	8,9
SO ₄ -S	8,1	12,1	19,8	4,8	4,8	5,1	4,7	5,2	5,8

af en del af det med husdyrgødningen tilførte Na.

Der blev målt en betydelig Ca-nedvaskning, stigende med stigende tilførsel af gødning og størst på lerjord.

I forhold til handelsgødning har tilførsel af husdyrgødning ikke givet større nedvaskning af Mg.

Nedvaskningen af Cl og sulfat-S er væsentlig større efter anvendelse af handelsgødning sammenholdt med husdyrgødning. Baggrunden for denne forskel må skyldes Cl-tilførsel med kaligødningen og sulfat-S efter superfosfatgødskning.

6.4 Virkning af nitrifikationshæmmere

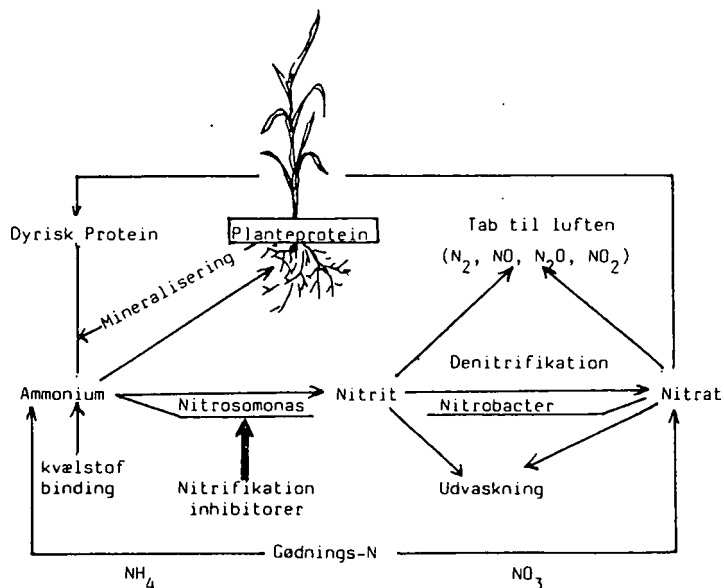
Ammonium tilført med handels- og husdyrgødning eller dannet ved omsætning af plante- og rodrester, omdannes som regel hurtigt ved bakteriers aktivitet til nitrat i jorden.

Nitrat er særdeles mobilt og kan let nedvaskes ved overskudsnedbør, hvori- mod ammonium ikke nedvaskes i væsentlig grad.

Nogle kemiske stoffer kaldet inhibitorer eller nitrifikationshæmmere, er i stand til at hæmme de mikroorganismer, der i jorden omdanner ammonium til nitrat.

Omdannelse af ammonium i jorden forløber i to trin: Bakterier af slægten *Nitrosomonas* ilter ammonium til nitrit, som derefter af bakterieslægten *Nitrobacter* ret hurtigt iltes videre til nitrat. Nitrifikationshæmmerne virker hæmmende på aktiviteten af *Nitrosomonas* således, at omsætningshastigheden af ammonium til nitrit sænkes (fig. 11).

Nitrifikationshæmmerne nedbrydes imidlertid af jordens mikroorganismer, hvorved deres virkning ophører. Nedbrydningshastigheden afhænger især af temperaturen, jo højere jordtemperatur jo hurtigere nedbrydning.



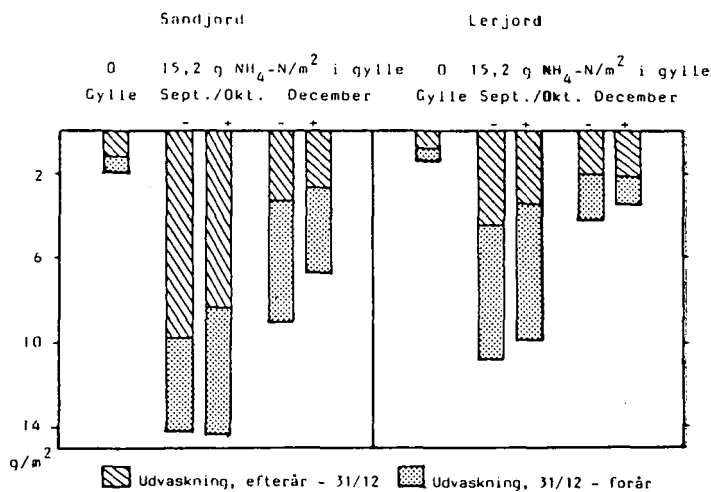
Figur 11. Nitrifikationshæmmernes virkning på N-kredsløbet.

Omdannelse af ammonium til nitrat i jorden er også afhængig af temperaturen og foregår meget langsomt ved temperaturer nær frysepunktet. Formålet med anvendelse af nitrifikationshæmmere er altså at hæmme nitrifikationen indtil naturen i løbet af efterår/vinter selv klarer dette.

6.4.1 Nedvaskning af N

Undersøgelse af N-nedvaskning efter anvendelse af gylle iblandet nitrifikationshæmmere er udført som fastliggende lysimeterforsøg (Kjellerup, 1987).

Fem års forsøg (1984/85-1988/89, fig. 12) med korn og roer viser, at der ved udbringning af gylle i september-oktober på sandjord (JB1) var stor N-nedvaskning. Anvendelse af nitrifikationshæmmer påvirkede ikke nedvaskningen. På lerjord var der en virkning af tilsætning af nitrifikationshæmmere.



Figur 12. Nedvaskning af nitrat ($\text{g NO}_3\text{-N/m}^2$) efter forskellig udbringningstid af gylle med og uden anvendelse af nitrifikationshæmmere. Lysimeterforsøg, gns. 5 år.

Ved december-udbringning var nedvaskningen generelt lavere og anvendelse af nitrifikationshæmmere har på begge jordtyper reduceret tabet af N fra udbragt gylle.

7. ANVENDELSE OG GØDNINGSVIRKNING

I det traditionelle sædskifte, hvor husdyrhold og markdrift er afstemt efter hinanden, er der normalt ikke sædskifteproblemer eller problemer med udnyttelse af husdyrgødningen. Anderledes stiller sagen sig med de mere specialiserede driftsformer. Hvor driften er baseret på svinehold og kornavl må husdyrgødningen nødvendigvis anvendes til korn eller vekselafgrøder, som ofte har en forholdsvis kort vækstperiode og derfor ikke i stand til at udnytte husdyrgødningen i samme grad som fx roer og majs. I landbrug med stort husdyrhold i forhold til jordtilliggende kan forholdene være sådan, at mængden af husdyrgødning er så stor, at den ikke med rimelighed kan anvendes på egne arealer.

I gødningsplanen indgår husdyrgødningen før handelsgødning og mængden fastsættes på grundlag af afgrøde, jordbundsforhold samt gødningens indhold navnlig af N og P.

7.1 Udbringningstidspunkt

Det er af meget stor betydning for virkningen navnlig af N og dermed også for N-tabet, hvornår husdyrgødningen bringes ud.

7.1.1 Rodfrugter

Fast gødning

Forsøg med udbringning af staldgødning til forskellige tider i årene 1937-1944 (Iversen, 1949) gav følgende resultat beregnet som forholdstal for merudbytte af tørstof efter tilførsel af 40 t frisk staldgødning (tabel 34).

Tabel 34. Udbringningstider for staldgødning til roer. Forholdstal for merudbytte af tørstof (april = 100).

	Oktober	December	Februar	Marts/april
Askov, lerjord	62	76	84	100
Lundgård, sandjord	81	98	92	100
Lyngby, lerjord	102	113	91	100

Det fremgår, at der ved Askov har været bedst virkning af staldgødningen ved udbringning i marts/april. Ved at udbringe staldgødning om efteråret har tabet af N været større i de regnrige egne som Askov repræsenterer (gns. på 350 mm i perioden oktober-april 1938-1944), end under de mere tørre klimaforhold i det østlige Danmark (Lyngby, gns. 262 mm).

Ved udbringning i oktober, december og april er staldgødningen nedpløjet straks, medens den ved udbringning i februar er nedpløjet snarest muligt. I gennemsnit af forsøgene har henliggetiden efter udbringning i februar ved Askov været 7 dage. Ved Lyngby var den 21 dage, og dette er årsagen til, at udbringning i februar ved Lyngby ligger lavere end udbringning i december og april.

Staldgødning kørt ud på frost og først nedpløjet tidligt om foråret er undersøgt i en forsøgsrække 1929-35 (Iversen, 1937). Vinterudbringningen gav her såvel ved Askov som ved Lyngby kun 50-60% virkning. Der sker et stort tab, når staldgødning køres ud på frost og ligger på marken i længere tid inden nedpløjningen.

Kvæggylle

Kvæggylle udbragt og nedpløjet i september, december og april til bederoer har fra 1982 indgået i forsøg på Askov og Lundgård forsøgsstationer vedrørende forskellige nitrifikationshæmmers virkning i forbindelse med gylleanvendelse (afsnit 7.9).

Tabel 35. Udbringningstider for kvæggylle til bederoer. Udbytte og merudbytte i a.e./ha^{*}). Gns. af 3 forsøg.

Gylle tilførsel	Askov (JB5)	Lundgård (JB1)
0	<u>78,3</u>	<u>50,5</u>
200 kg NH ₄ -N/ha:		
Udbragt/nedpløjet i september	14,5	22,3
- - december	52,1	55,8
- - april	57,9	53,1

^{*}) 1 a.e. (afgrødeenhed) = 100 f.e. (foderenhed).

Den meget tidlige gylleudbringning i september gav en meget ringe gødningsvirkning. Jordtemperaturen og den mikrobielle aktivitet i jorden er på dette tidspunkt høj, hvilket resulterer i, at ammonium hurtigt omdannes til nitrat, som nedvaskes (afsnit 6.2).

Når gylleudbringning udsættes 3 måneder (til jordtemperaturen er væsentlig lavere), opnås en betydelig bedre gødningsvirkning. Den bedste virkning blev opnået ved forårsudbringning på lerjorden ved Askov.

Kvæggylle til bederoer i vækstperioden

Gødningsværdien af kvæggylle udbragt til bederoer i vækstperioden blev undersøgt i forsøg 1984-86 ved Askov og Lundgård forsøgsstationer (Larsen, 1987).

Ved roernes såning blev der tilført 80 kg N pr. ha i handelsgødning. Den tidlige udbringning blev foretaget kort efter roernes udttynding. Denne behandling blev sammenlignet med sen udbringning umiddelbart før roerne lukkede rækkerne. Gyllen blev udlagt i en ca. 10 cm dyb rende.

Tabel 36. Kvæggylle til bederoer^{*)} i vækstperioden. Gyllen blev udlagt i ca. 10 cm dyb rende mellem rækkerne. Udbytte og merudbytte.

Gylle tilførsel	Tidlig udbringning			Sen udbringning		
	Rod	Top	Rod + Top	Rod	Top	Rod + Top
	hkg tørstof/ha		a.e./ha	hkg tørstof/ha		a.e./ha
kg NH ₄ -N/ha	Askov (JB5)					
0	107,8	47,3	144,0	107,8	47,3	144,0
80	-2,0	2,0	-0,3	3,6	5,6	8,2
160	10,0	8,5	16,8	7,0	9,2	14,5
	Lundgård (JB1)					
0	96,2	22,2	112,0	96,2	22,2	112,0
80	16,1	9,8	23,8	5,8	11,2	14,9
160	16,5	15,7	29,2	11,9	19,1	27,4

^{*)} Tilført 80 kg N/ha i kas., forår.

Hvis roer tilføres gylle på forskellige tidspunkter i vækstperioden vil det være en betingelse, at der i forbindelse med roernes såning er givet en vis mængde N til roernes begyndende vækst.

Ved tilførsel af gylle i sommerperioden opnås det største samlede merudbytte af rod og top ved udbringning kort tid efter roernes udttynding. Udsættes udbringning til umiddelbart før roerækkerne lukker, fås mindre merudbytte i rod men større topudbytte.

Der opnås bedre virkning ved placering af gyllen i en rende end ved udlægning på jordoverfladen mellem roerækkerne.

Ajle

Forskellige udbringningstider for ajle til roer er undersøgt i forsøg gennemført i årene 1933-1940 (Iversen, 1944). Der blev foretaget en sammenligning mellem udbringning efterår, vinter (dels på barfrost og dels på optøet jord), samt forår.

Tabel 37. Udbringningstider for ajle til roer. Forholdstal for merudbytte af tørstof (forår = 100).

	November	Februar		April
	nedpløjet	optøet	barfrost	nedharvet
overfladeudbringning				
Askov, lerjord ^{*)}	48	78	77	100
Lundgård, sandjord ^{**)}	78	98	93	100
Lyngby, lerjord ^{*)}	101	111	112	100

^{*)} Runkelroer.

^{**)} Kålroer.

Ved efterårsudkørsel under de mere nedbørsrige forhold ved Askov vil der kunne ske et større udvaskningstab end under de mere tørre klimaforhold ved Lyngby. Udbringning om vinteren ved Lyngby har givet større virkning end udbringning om foråret hvilket kan tilskrives forskelle i fordampningstab af ammoniak.

7.1.2 Vårsæd

Fast gødning

Forsøg med udbringning af 20 t frisk staldgødning på forskellige tidspunkter til vårbyg blev udført i årene 1937-1944 (Iversen, 1949). Udtrykt ved forholdstal for merudbytte i kerne var staldgødningens virkning som anført i tabel 38.

Tabel 38. Staldgødning til vårbyg med forskellig udbringningstid. Forholdstal for merudbytte i kerne (april = 100).

	Udbringningstid			
	Oktober	December	Februar	Marts/april
Askov, lerjord	72	85	88	100
Lundgård, sandjord	78	93	97	100
Lyngby, lerjord	100	113	94	100

Tabel 38 viser i overensstemmelse med resultaterne fra udbringning af staldgødning til roer (afsnit 7.1.1), at tabet af N i forbindelse med efterårs udbringning af husdyrgødning vil være større i nedbørsrige egne (Askov) end under mere tørre klimaforhold (Lyngby). Bedst virkning af husdyrgødning opnås jo nærmere vækstperiodens begyndelse udbringning sker under hensyntagen til jordbundsforhold og jordstruktur.

Kvæggylle

Forskellige udbringningstidspunkter for kvæggylle til vårbyg har fra 1982 indgået i forsøg på Askov og Lundgård forsøgsstationer vedrørende forskellige nitrifikationshæmmers virkning i forbindelse med gylleanvendelse (afsnit 7.9).

Kvæggylle blev udbragt og nedpløjet i september, december eller april. Resultater af 3 forsøgsår ses i tabel 39.

Efter gylleudbringning i september fandtes en meget ringe gødningsvirkning som følge af at indholdet af ammonium i gylle på grund af høj jordtemperatur blev omdannet til nitrat, som efterfølgende er blevet nedvasket. Bedst virkning er opnået ved forårsudbringning.

Tabel 39. Kvæggylle udbragt efterår/vinter/forår til vårbyg. Udbytte og merudbytte i hkg kerne/ha. Gns. af 3 forsøg.

Gylle tilførsel	Askov (JB5)	Lundgård (JB1)
0	<u>19,5</u>	<u>15,6</u>
100 kg NH ₄ -N/ha:		
Udbragt/nedpløjet i september	4,2	1,2
- - december	18,2	20,0
- - april	23,0	24,4

Svinegødning

Svinegødningens N-virkning ved vinter- og forårsudbringning til vårbyg er belyst i forsøg udført i årene 1975-78 (Klausen & Nemming, 1982, tabel 40).

Tabel 40. Udbringningstider for svinegødning til byg. Udbytte og merudbytte i hkg kerne/ha, 1975-78.

Tilførsel		Lerjord	Sandjord	Gns.
kg total-N/ha		6 fs.	4 fs.	10 fs.
0		<u>35,2</u>	<u>7,5</u>	<u>24,1</u>
200 i fast	nov.-dec. nedpløjet	4,0	10,1	6,4
svinegød-	mar.-apr. nedpløjet	6,9	13,7	9,6
ning	mar.-apr. nedharvet	5,2	11,0	7,5
200 i	nov.-dec. nedpløjet	6,2	16,2	10,2
svine-	mar.-apr. nedpløjet	6,7	18,1	11,3
gylle	mar.-apr. nedharvet	9,9	18,4	13,3

Forårsudbringning af svinegødning var bedre end vinterudbringning. Ved forårsudbringning blev der opnået større virkning af den faste svinegødning ved nedpløjning end ved nedbringning med harve, hvorimod nedharvning var fordelagtigst for svinegylle.

Ajle

Resultater fra forsøg med forskellige udbringningstider for ajle til vårsæd henholdsvis efterår, vinter og forår i årene 1933-40 (Iversen, 1944) er vist i tabel 41.

Tabel 41. Udbringningstid for ajle til vårsæd. Forholdstal for merudbytte i kerne (april = 100).

	November nedpløjet	Februar optøet barfrost overfladeudbringning	April nedharvet
Askov, lerjord ^{*)}	42	93	84
Lundgård, sandjord ^{*)}	30	82	55
Lyngby, lerjord ^{**)}	97	103	104

^{*)} Havre.

^{**) Byg.}

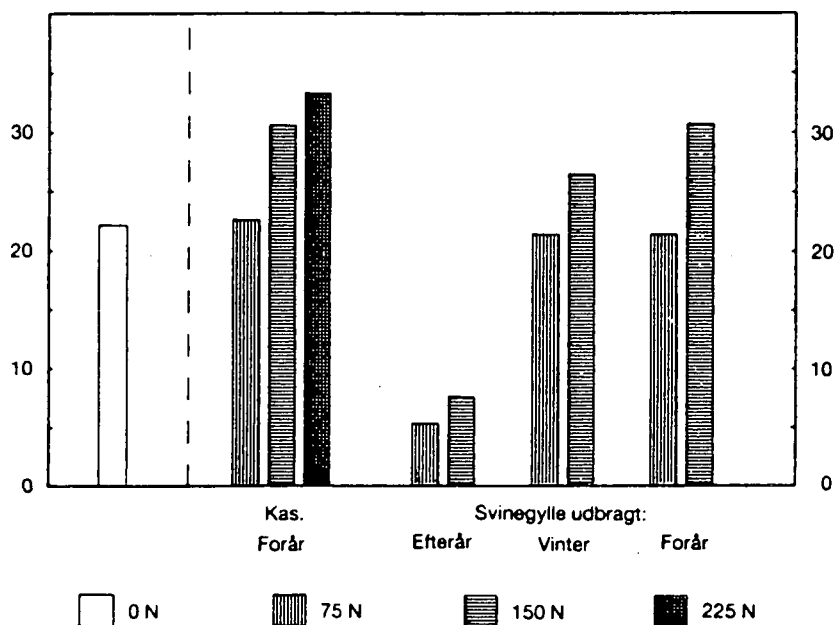
Både ved Askov og Lundgård har der været meget ringe virkning af ajle udbragt om efteråret. Udkørsel om foråret har på disse to forsøgssteder givet det største merudbytte af kerne. Ved Lyngby har der ikke været større forskel i virkning ved de forskellige udbringningstider.

7.1.3 Vintersæd

Svinegylle

Udvidelse af vintersædsarealerne har bl.a. rejst spørgsmålet om udbringning af gylle til vintersæd i løbet af vinteren eller tidlig forår. En forsøgsserie til belysning af den gødningsmæssige værdi af svinegylle til vintersæd, samt om udbringning af gylle i vækstperioden kan medføre skadevirkning i afgrøden, er gennemført på Askov og Lundgård i årene 1983-86 (Baadsgaard, 1987).

Gylle er i disse forsøg bragt ud enten før såning, i vinterperioden under forskellige klimaforhold eller tidlig forår til afgrøderne vinterhvede, -byg og -rug. Resultater som gennemsnit af 6 forsøg i vinterhvede, 6 i vinterrug og 3 i vinterbyg er vist i fig. 13.



Figur 13. Svinegylle til vintersæd. Gennemsnit af forsøg i perioden 1983-86 på sandjord og lerjord. Udbytte og merudbytte i hkg kerne/ha.

Merudbytterne for en given N-tilførsel var i de enkelte forsøg så ensartede, at der ikke er grundlag for at skelne mellem de 3 kornarter.

Udbringning af svinegylle forud for vintersædssåning giver en meget dårlig udnyttelse af det tilførte N. Ammonium udbragt på dette tidspunkt er udsat for nitrificering med efterfølgende udvaskning af den dannede nitrat.

Ved forårsudbringning i april har ammonium i svinegylle virket lige så godt som forårsudbragt N i handelsgødning.

Vinterudbringning af gylle til vintersæd er ikke uden problemer. Udbringning på barfrost kan medføre svidningsskader. Svinegylle anvendt på optøet overflade giver god virkning, men risikoen for overfaldeaftstrømning kan være stor.

Ajle

Resultater fra forsøg med udbringning af ajle til vintersæd ved nedpløjning før såning og ved overfladeudbringning om vinteren (dels på optøet jord og dels på barfrost), samt udbringning om foråret i årene 1931-39 (Iversen, 1944) er vist i tabel 42.

Tabel 42. Udbringningstid for ajle til vintersød. Forholdstal for merudbytte i kerne (april = 100).

	September nedpløjet	Vinter		Forår
		optøet	barfrost overfladeudbringning	
Askov, lerjord ^{*)}	28	104	86	100
Lundgård, sandjord ^{**)}	23	97	80	100
Lyngby, lerjord ^{*)}	91	124	138	100

^{*)} Hvede.

^{**)} Rug.

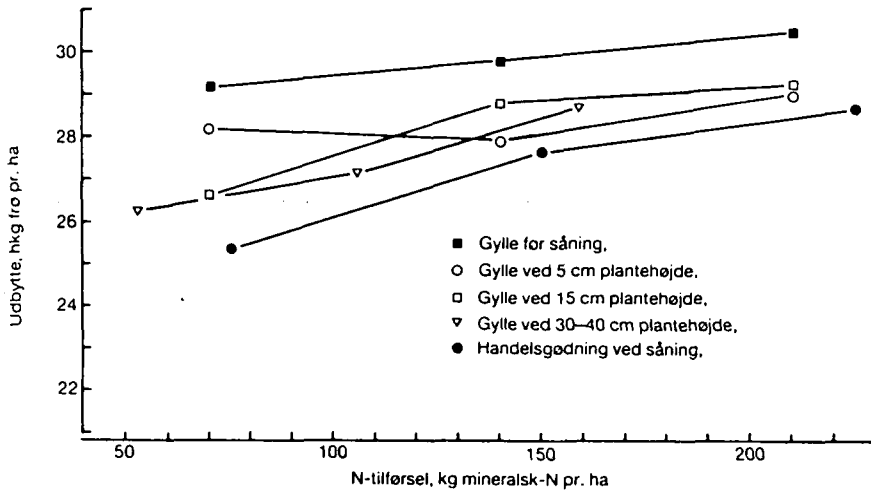
Anvendelse af ajle i september måned før såning har givet en meget ringe gødningsvirkning på Askov og Lundgård. Udbringning om vinteren på optøet jord har gennemsnitlig givet større merudbytte end udkørsel på frossen jord og nogenlunde samme virkning, som når ajlen udbringes i april i stille køligt vejr. Ved udbringning på frost med snelæg kan der være risiko for, at vintersæden tyndes stærkt eller ødelægges helt. Ved forsøg på Askov gav udbringning på frost med snelæg i 1935 og 1937 således henholdsvis 7,3 og 4,9 hkg kerne mindre pr. ha end udkørsel i tø.

7.1.4 Raps

Svinegylle

Af sædskiftemæssige årsager er landbrug med intensivt svinehold interesseret i en vekselafgrøde, og raps indgår i stigende grad i sædskiftet. Også til denne afgrøde er der interesse for at anvende gylle bl.a. i vækstperioden. Forsøg vedrørende dette er gennemført ved Askov/Lundgård forsøgsstationer i årene 1981-85 (Baadsgaard, 1989).

Virkningen på frøudbyttet i vårraps ved anvendelse af svinegylle er undersøgt efter tilførsel af 20, 40 og 60 t gylle pr. ha udbragt før såning eller henholdsvis ved 5, 15 eller 30-40 cm plantehøjde (fig. 14).



Figur 14. Frøudbytte i vårraps (hkg/ha) i relation til tilførsel af mineralsk-N i handelsgødning eller i gylle. Den med gylle tilførte mængde mineralsk-N svarer til tilførsel af 20, 40 eller 60 t gylle/ha.

Sammenlignet på grundlag af den tilførte mængde mineralsk-N (N i handelsgødning og ammonium-N i gylle) gav anvendelse af svinsegylle, uanset udbringningstidspunkt et større frøudbytte end tilførsel af N i handelsgødning. Den bedste virkning af gylle blev opnået ved udbringning før såning. Tilførsel af mere end 20 t gylle pr. ha bevirkede i de fleste tilfælde kun en mindre stigning i frøudbyttet.

Såfremt der blev tilført 150 kg N pr. ha i handelsgødning ved såning, gav efterfølgende tildeling af gylle på forskellige tidspunkter i vækstperioden som regel ikke væsentlige merudbytter.

7.1.5 Græs

Den gødningsmæssige værdi af husdyrgødningen til græs er belyst i en forsøgsserie 1968-73 ved Askov, Lundgård, Rønhave og Ødum. Der blev tilført fast kvæggødning og gylle til kløvergræs og rent græs. Gødningen blev givet efterår eller forår og for gyllens vedkommende fordelt på flere tidspunkter (Nemning, 1976).

Tabel 43. Fast kvæggødning til græs udbragt oven på afgrøden. Udbytte og merudbytte, hkg tørstof/ha.

	Kløvergræs 5 fs.	Rent græs 7 fs.
Ingen gødning	<u>104.2</u>	<u>32.2</u>
200 N ^{*)} i fast staldg., november	8,5	8,2
200 N - - - , forår	9,1	6,4

^{*)} N = kg total-N/ha.

Uanset udbringningstid er det små merudbytter, der er opnået for 200 kg total-N pr. ha i fast gødning (tabel 43). Forårsudbringningen er foretaget, så snart jorden har været optøet og egnet til at kunne køres på uden risiko for skade på afgrøden. Disse betingelser har været til stede i sidste halvdel af marts og først i april måned.

Tabel 44. Gylle til græs udbragt ovenpå afgrøden. Udbytte og merudbytte, hkg tørstof/ha.

	Kløvergræs 5 fs.	Rent græs 7 fs.
Ingen gylle	<u>104.2</u>	<u>32.2</u>
200 N ^{*)} i gylle, november	9,6	11,4
200 N - - , forår	11,2	20,0
200 N - - , efter 1. slæt	- 9,3	10,2
100 N - - , nov. og 100 N efter 1. slæt	5,3	15,8
100 N - - , forår og 100 N efter 1. slæt	7,2	15,6

^{*)} N = kg total-N/ha.

Ved anvendelse af gylle opnåes den bedste virkning ved udbringning om foråret (tabel 44).

Overfladeudbringning af gylle på græsmarker kan forårsage, at plantebestan-

den beskadiges eller ødelægges på grund af "svidningsskader". Især skyggevirking gennem en skorpe af udtørret gylle på planterne kan nedsætte udbytte af græsmarken. Tilførsel af 200 kg total-N pr. ha i gylle (ca. 45 t pr. ha) efter 1. slæt medførte i disse forsøg (tabel 44) en udbyttenedgang på 9,3 hkg tørstof pr. ha, på grund af gyllens indvirkning dels på kløverbestanden og dels på kløverens produktion.

Kvæggylle

Virkningen af kvæggylle udbragt på forskellige tidspunkter i vækstperioden til forskellige græsmarksplanter blev undersøgt i to-årige markforsøg på Askov Forsøgsstation i perioden 1979-83 (Larsen, 1989). Gylle blev udbragt til 8 forskellige plantearter i renbestand enten ad en gang (vinter og forår), ad to gange (halvdelen om vinteren og resten i foråret) eller ad tre gange (lige store mængder udbragt forår og efter 1. og 2. slæt). Herudover blev der tilført 300 kg N, 55 kg P og 140 kg K pr. ha med handelsgødning udbragt ad tre gange (forår, 1. og 2. slæt).

Virkningen af 15, 30 og 60 t gylle pr. ha udbragt henholdsvis i december og i marts/april er vist i tabel 45.

Tabel 45. Vinter og forårsudbringning af kvæggylle til forskellige græsmarksplanter. Udbytte ved tildeling af handelsgødning alene og merudbytte for gylletilførsel, hkg tørstof/ha. Gns. af 8 forsøg.

Afgrøde	Handels- gødning alene	Vinter			Forår		
		15	30	60	15	30	60
		t gylle/ha			t gylle/ha		
Lucerne	85,2	3,6	4,4	7,3	5,2	7,4	7,6
Hvidkløver	72,4	3,0	6,3	10,0	5,1	7,0	9,5
Hybridrajgræs	114,9	3,1	4,9	9,7	6,7	8,7	10,8
Alm. rajgræs	105,7	3,7	6,4	8,2	6,6	7,0	7,6
Timothe	91,0	2,3	6,1	9,4	7,2	6,9	7,0
Hundegræs	112,8	2,3	6,4	11,2	4,1	6,3	6,0
Engsvingel	95,7	3,6	7,9	9,3	7,5	8,6	9,1
Rødsvingel	87,9	11,9	13,5	13,7	12,3	10,6	10,1

Ved vinterudbringning blev der fundet stigende udbytte for stigende mængder gylle i alle de afprøvede græsmarksplanter. Det samme er tilfældet ved forårsudbringning til hvidkløver og hybridrajgræs. Der er ikke udbyttemæssig fordel ved at tilføre mere end 30 t gylle pr. ha til lucerne, alm. rajgræs, hundegræs og engsvingel, 15 t gylle pr. ha til timothe og rødsvingel. Merudbytterne ved tilførsel af gylle var oftest små.

Tabel 46. Virkning af kvæggylle udbragt forår og efter 1. og 2. slæt. Merudbytte for tilførsel af gylle (hkg/ha). Gns. af 8 forsøg.

	Gylle, t pr. ha				
	Forår		Forår og efter 1. og 2. slæt		
	30	60	10+10+10	20+20+20	30+30+30
Lucerne	7,4	7,6	6,0	3,4	-0,4
Hvidkløver	7,0	9,5	2,2	3,6	5,4
Hybridrajgræs	8,7	10,8	1,7	1,9	1,1
Alm. rajgræs	7,0	7,6	3,2	4,1	5,6
Timothe	6,9	7,0	4,7	2,9	1,2
Hundegræs	6,3	6,0	1,6	3,1	1,7
Engsvingel	8,6	9,1	5,7	4,4	1,9
Rødsvingel	10,6	10,1	7,7	6,5	0,3

Tabel 46 viser, at der er bedre virkning ved at give hele gyllemængden i foråret fremfor udkørsel ad tre gange. Årsagen til den ringere virkning har været en meget lav udnyttelse af den tilførte N ved udbringning af gylle efter 1. og 2. slæt. Udover et større ammoniakfordampningstab på disse udbringningstidspunkter, må den ringe virkning tilskrives beskadigelse af plantebestanden ved anvendelse af gylle på disse tidspunkter.

Ovenstående forsøg er gennemført uden mulighed for vanding. Vanding eller nedbør umiddelbart efter gylleudbringningen vil skylle planterne fri for gylle og samtidigt nedsætte ammoniakfordampningen.

7.2 Udbringningsmåde

Udbringning af ajle og gylle på jordoverfladen kan medføre et betydeligt fordampningstab af ammoniak, dersom nedbringning ikke foretages umiddelbart efter udbringning. Direkte nedfældning vil give en bedre udnyttelse af gyllens N-indhold og medføre færre lugtgener.

7.2.1 Roer

Kvæggylle

Direkte nedfældning af kvæggylle til bederoer med 30, 60 og 75 cm skærafstand er blevet sammenlignet med nedharvning kort tid efter udbringning i forsøg gennemført i perioden 1977-81 ved Askov og Lundgård forsøgsstationer (Larsen & Keller, 1985). Udbytter og merudbytter fra disse forsøg er vist i tabel 47.

Tabel 47. Nedfældning af kvæggylle til bederoer før såning. Udbytte og merudbytte, hkg tørstof/ha. Gns. af 8 forsøg.

Gødningsemængde ^{*)}	Rod			Top		
	0 N	1 N	2 N	0 N	1 N	2 N
Ingen N	<u>74,7</u>			<u>27,4</u>		
Kalkammonsalpeter (kas.)		21,3	26,8		8,5	16,1
Gylle:						
Nedharvet		6,2	14,9		2,1	6,5
Nedfældet, 30 cm skærafstand		17,9	29,1		7,5	12,0
- , 60 - -		12,1	24,7		5,5	9,6
- , 75 - -		13,2	24,7		4,7	10,3

^{*)} 1 N = 90 kg N/ha i kas. eller 75 kg ammonium-N/ha i gylle.

Direkte nedfældning af gylle før såning af bederoer gav store merudbytter. De største merudbytter i både rod og top blev opnået ved den mindste skærafstand (30 cm). En rentabilitetsberegning for nedfældning viste, at der ved merudbytter over 5 hkg rodtørstof pr. ha var dækning for merudgifterne ved nedfældning.

I forsøg med gylle til roer i vækstperioden (Larsen, 1987) blev gyllen dels

udbragt på jordoverfladen mellem roerækkerne ved hjælp af et fordelerudstyr med fire udløb og dels placeret i en ca. 10 cm dyb rende, skabt af en kraftig harvetand monteret foran hvert udløb. Virkningen af de to udbringningsmåder er anført som forholdstal i tabel 48.

Tabel 48. Rækkeudlægning af kvæggylle til roer i vækstperioden. Forholdstal for udbytte i a.e./ha.

Udbringning ^{*)} kg NH ₄ -N/ha i gylle	Tidlig		Sen	
	Udlagt på jordover- fladen	Placeret i 10 cm dyb rende	Udlagt på jordover- fladen	Placeret i 10 cm dyb rende
Askov (JB5)				
80	100	98	100	103
160	100	106	100	108
Lundgård (JB1)				
80	100	116	100	105
160	100	106	100	106

^{*)} Tidlig - kort tid efter roernes udtynding.

Sen - udbringning kort før roerækkerne lukkede.

Placering af gylle i en 10 cm dyb rende gav i de fleste tilfælde en bedre virkning end overfladeudlægning mellem roerækkerne.

Ajle

Forsøg med nedfældning af ajle er udført ved Askov, Lundgård og Studsgård forsøgsstationer i perioden 1933-36 (Wedsted & Iversen, 1938).

Forsøgene blev udført i rodfrugt, hvor ca. 30 t ajle pr. ha blev udbragt før såning (Askov og Lundgård), eller imellem roerækkerne sidst i juni eller først i juli (Studsgård).

Ved nedharvning med kultivator (på Studsgård med radrenser) reduceredes udbyttet med omkring en fjerdedel (tabel 49). Ved helt at undlade nedbringning blev udbyttet omtrent halveret sammenlignet med direkte nedfældning.

Tabel 49. Nedbringning af ajle. Forholdstal. Gns. af 1933-36.

	Nedfældet direkte	Nedharvet	Ikke nedbragt
Askov, runkelroer	100	69	50
Lundgård, kålroer	100	78	55
Studsgård, runkelroer	100	74	58

7.2.2 Majs

Kvæggylle

Direkte nedfældning af gylle med 3,5 cm bredskær, samt udlægning i ca. 30 cm brede bånd mellem planterækkerne blev undersøgt i forsøg med kvæggylle til majs i vækstperioden (Meincke, 1985). Majsmarken blev før såning tilført 150 kg N, 80 kg P og 84 kg K pr. ha med handelsgødning.

Tabel 50. Rækkeudlægning og direkte nedfældning af kvæggylle til majs i vækstperioden. Merudbytte for tilførsel af 60 t gylle/ha i a.e./ha. Gns. af 4 forsøg.

Udbringningstidspunkt ^{**})	Kolbe + stængel, a.e./ha [*])					
	Gylle udlagt			Gylle nedfældet		
	1	2	3	1	2	3
Askov (JB5)	3,9	2,7	4,9	6,1	11,4	9,0
Lundgård (JB1)	12,3	15,4	14,6	14,9	26,3	18,2

^{*}) 1 a.e. (afgrødeenhed) = 100 f.e. (foderenhed).

1 f.e. = 1 kg tørstof i kolbe og 1,3 i stængel og blade.

^{**}) 1 = ved majsens fremspiring.

2 = ved 15 cm plantehøjde.

3 = ved 40 cm plantehøjde.

Direkte nedfældning af kvæggylle virkede bedre end overfaldeudbringning (tabel 50). Ved 15 cm plante højde gav nedfældning på sandjord et gennemsnitligt merudbytte på 10,9 a.e./ha og på lerjord 8,7 a.e./ha i forhold til gylle udlagt i bånd mellem rækkerne.

7.2.3 Vårsæd

Kvæggylle

Nedfældning af kvæggylle sammenlignet med overfladeudbringning og efterfølgende nedharvning før såning af vårbyg er undersøgt i perioden 1977-81 (Larsen & Keller, 1985).

Tabel 51. Nedfældning af kvæggylle til vårbyg før såning. Udbytte og merudbytte, hkg kerne/ha. Gns. af 8 forsøg.

Gødningsmængder ^{*)}	0 N	1 N	2 N
Ingen N	<u>21,6</u>		
Kalkammonsalpeter (kas.)		10,9	13,3
Gylle:			
Nedharvet		5,9	10,2
Nedfældet, 30 cm skærafstand		10,8	15,7
- , 60 - -		9,7	14,8
- , 75 - -		7,8	14,4

^{*)} 1 N = 50 kg N/ha i kas. eller 40 kg ammonium-N/ha i gylle.

Nedfældning af gylle med 30 cm skærafstand i byg gav i gennemsnit af alle forsøg et merudbytte på 18% i forhold til nedharvning (tabel 51). Med 60 cm og 75 cm skærafstand var merudbytterne for nedfældning af 40 og 80 kg ammonium-N pr. ha henholdsvis 14-15% og 7-13%.

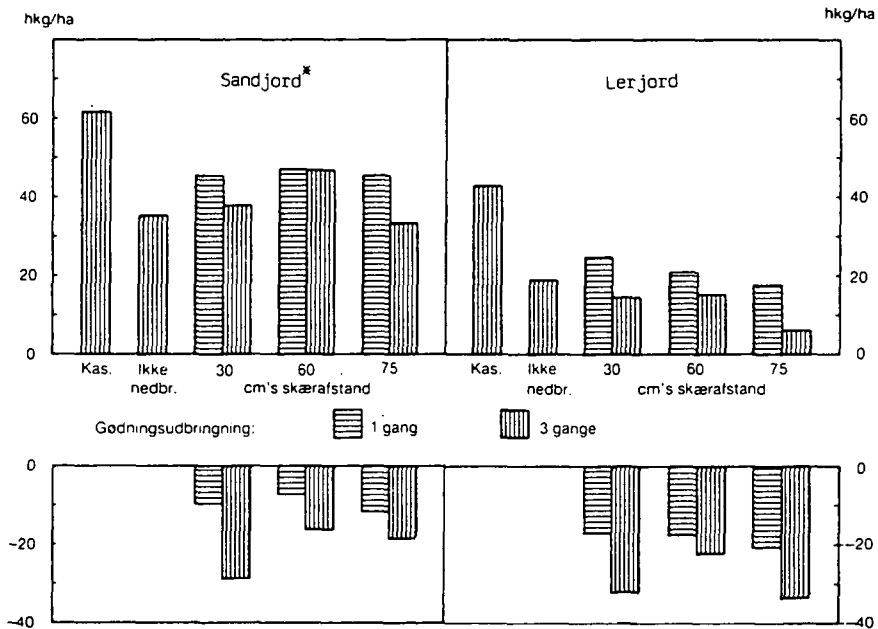
Nedfældning medfører en merudgift i forhold til udspreddning oven på jorden. En beregning på grundlag af prisrelationerne i 1984 viste, at merudgifterne i forbindelse med nedfældning ville være dækket ind ved et merudbytte på godt 3 hkg kerne pr. ha.

7.2.4 Græs

Kvæggylle

Udspreddning af gylle oven på græsafgrøder er forbundet med visse ulemper som tilsmudsning af afgrøden med gylle, smitterisiko med hensyn til sygdomme, samt risiko for en ringe N-virkning som følge af tab af ammoniak ved fordampning. Nedfældning vil reducere disse gener væsentligt, men der kan opstå en negativ virkning af nedfældningen i form af mekanisk skade på græsbestanden.

Spørgsmålet er belyst i en forsøgsserie gennemført i perioden 1977-80 (Larsen & Keller, 1985), og resultater herfra er vist i fig. 15.



Figur 15. Merudbytte i tørstof (hkg/ha) for tilførsel om foråret af N til græs i form af 200 kg N/ha i kalkammonsalpeter eller 200 kg ammonium-N/ha i gylle (øverste halvdel). Udbyttenedgang som følge af skadevirkning ved nedfældning er vist i nederste halvdel af figuren.

Direkte nedfældning af kvæggylle i græsmark ad én gang om foråret er sammenlignet med tilførsel af samme mængde gylle nedfældet eller spredt oven på

græsset ad tre gange med henholdsvis 50% forår og 25% efter 1. og 2. slæt. Nedfældning er foretaget med 2 typer af nedfælderskår, henholdsvis 3,5 cm brede nedfælderskår ved 30 og 60 cm skærafstand og 37,5 cm vingskår ved 75 cm skærafstand. Arealet blev tromlet efter gyllenedfældning.

Den mekaniske skade på græsbestanden hidrørende fra de anvendte nedfælderskår blev målt ved kørsel med tom vogn. På sandjord var der en udbyttenedgang på 8-10% efter én kørsel med gyllenedfælder og 14-26% ved tre overkørsler. På lerjord var skadevirkninger henholdsvis 15-19% og 20-30%.

Nedfældning af 80 t gylle pr. ha ad én gang i foråret gav på sandjorden et merudbytte på 10-12 hkg tørstof pr. ha i forhold til udspreddning oven på afgrøden ad 3 gange, medens der på lerjorden kun blev målt merudbytter ved anvendelse af nedfælderudstyr med 3,5 cm brede skår (30 og 60 cm skærafstand). Nedfældning af gyllen ad 3 gange har kun været fordelagtig på sandjorden, og kun hvor der er anvendt nedfælderaggregat med smalle skår.

Forskellene i resultaterne fra de 2 jordtyper (forsøgssteder) må navnlig tilskrives, at der blev vandet efter behov på sandjorden, medens lerjorden ikke vandedes.

En forudsætning for en effektiv nedfældning af gylle i græsmarker vil være udvikling af nedfælderudstyr, der medfører minimal skadevirkning på afgrøden.

7.3 Behandlet gylle

Interessen for at behandle gylle er øget gennem de seneste år, bl.a. som følge af overskud af husdyrgødning på ejendomsniveau. En anden væsentlig faktor er ønsket om at anvende alternative kilder i energiforsyningen, hvorved biogasproduktionen fra husdyrgødning er kommet ind i billedet.

De to væsentligste eksisterende behandlingsformer for gylle er biogasproduktion og separation. Desuden forekommer også beluftning af gylle. De tre behandlingsformer, især separation og beluftning, omfatter dog kun en beskeden del af husdyrgødningsmængden. På det seneste er der også vist nogen interesse for "opkoncentrerings-behandlinger" af gylle. Herved udskilles en del af vandet fra gyllen, hvorved koncentrationen af næringsstoffer øges i den tilbageblevne del. Der kan være andre, mere avancerede processer undervejs, men fæles for alle er, at den samlede næringsstofmængde stort set ikke ændres af handlingerne.

Behandlingsformålet er normalt ikke at udnytte næringsstofferne i gødning-

gen, men at ændre gødningen fysisk (fx separation) eller kemisk, eller at udnytte den til energiformål (biogasproduktion). De eksisterende behandlingsformer for gylle ændrer ikke i sig selv lokale overskudsproblemer eller miljøproblemerne ved anvendelsen af husdyrgødning.

Slutanvendelsen af husdyrgødning vil stadig være i planteproduktionen uanset forudgående behandling af gødningen. Planteernæringsmæssigt er det derfor interessant om behandlingerne ændrer husdyrgødningens værdi som næringsstofkilde for planterne.

Disse forhold er undersøgt af Askov Forsøgsstation for gylle fra biogasproduktionen samt beluftet gylle. Virkningen af separeret gylle undersøges for tiden.

7.3.1 Afgasset gylle

I forbindelse med produktion af biogas fra husdyrgødning er spørgsmål om afgasset gylles gødningsværdi rejst ud fra overvejelser om, at N-indholdet i den afgassede gylle skulle være mere plantetilgængeligt end N-indholdet i ubehandlet gylle.

Ved den biogasproducerende proces mineraliseres en del af det organisk bundne N og omdannes til mere lettilgængeligt N. I analyser af gødning fra danske biogasanlæg i perioden 1979-84 er der fundet en stigning i ammoniumindholdet i den afgassede gylle på 10-14% som følge af den mikrobelle omsætning.

Gødningsvirkningen af afgasset gylle er undersøgt ved Askov, Lundgård, Rønhave og Roskilde forsøgsstationer i markforsøg (1979-81) (Kofoed & Klausen, 1983), og igen i 1982-84.

Et tredje forsøgsserie blev startet ved Askov og Lundgård forsøgsstationer i 1987 og afsluttes i efteråret 1989.

Gylleanalyser fra de to første forsøgsperioder er vist i tabel 52.

Forsøgene 1979-84 viste ikke nogen sikker forskel i N-virkning mellem de to gylletyper. Hvor der er tendens til, at den afgassede gylle har haft en bedre gødningsvirkning er virkningen ikke statistisk sikker. I forsøget 1979-81 var der en svag tendens til forbedret N-optagelse ved anvendelse af afgasset gylle i roer.

Tabel 52. Indhold af næringsstoffer i ubehandlet og afgasset gylle (Larsen, 1986).

		I foreliggende stof		I tørstof	
		Ubehandlet	Afgasset	Ubehandlet	Afgasset
		gylle	gylle	gylle	gylle
<u>Kvæggylle</u>					
A. Gns. af 13 prøver, 1979-81					
Tørstof,	%	8,8	5,6	-	-
Total-N,	%	0,42	0,38	4,72	6,65
Ammonium-N,	%	0,21	0,24	2,40	4,15
P,	%	0,10	0,08	1,12	1,45
K,	%	0,30	0,30	3,46	5,32
B. Gns. af 6 prøver, 1982-84					
Tørstof,	%	6,8	4,8	-	-
Total-N,	%	0,37	0,37	5,49	7,76
Ammonium-N,	%	0,21	0,25	3,04	5,12
P,	%	0,10	0,09	1,41	1,88
K,	%	0,31	0,34	4,65	6,54
<u>Svinegylle</u>					
Tørstof,	%	8,1	6,4	-	-
Total-N,	%	0,73	0,73	9,13	13,28
Ammonium-N,	%	0,47	0,57	5,90	10,42
P,	%	0,25	0,23	3,11	3,75
K,	%	0,32	0,33	4,00	6,08

I tabel 53 og 54 er vist resultater fra forsøgene 1979-84.

Tabel 53. Ubehandlet og afgasset gylle til byg. Kerneudbytte og N-optagelse.

Tilførsel	1979-81		1982-84	
	Gns. 17 forsøg		Gns. 9 forsøg	
	Kvæggylle		Kvæggylle	Svinegylle
	hkg kerne/ha	kg N/ha	hkg kerne/ha	
Ubehandlet gylle:				
80 kg total-N/ha	34,1	48,1	35,8	40,5
160 - -	37,3	53,6	42,0	48,0
Afgasset gylle:				
80 kg total-N/ha	34,3	47,5	37,9	40,5
160 - -	38,4	55,5	44,1	47,6

Tabel 54. Ubehandlet og afgasset gylle til roer. Udbytte af rod- og toptørstof samt N-optagelse.

Tilførsel	1979-81		1982-84	
	Gns. 12 forsøg		Gns. 6 forsøg	
	Kvæggylle		Kvæggylle	Svinegylle
	a.e./ha ^{*)}	kg N/ha	a.e./ha ^{*)}	
Ubehandlet gylle:				
120 kg total-N/ha	101,0	87,4	109,0	112,1
240 - -	112,1	94,7	121,0	125,9
Afgasset gylle:				
120 kg total-N/ha	104,4	88,4	115,3	113,9
240 - -	117,6	100,1	120,0	121,1

^{*)} 1 a.e. = 1,1 hkg rodtørstof og 1,3 hkg toptørstof.

Resultater fra igangværende forsøg er i overensstemmelse med resultater fra de to tidligere forsøgsperioder (tabel 55). Dog er der en mere udpræget tendens til øget udbytte og forbedret N-optagelse i roer efter anvendelse af afgasset gylle end i forsøget 1979-81.

Tabel 55. Ubehandlet og afgasset gylle til byg og roer. Resultater fra 1987 og 1988.

		Byg ^{**})			Roer ^{***})		
		Total-N	Kerne	N-opt.	Total-N	Rod + top	N-opt.
		kg/ha	hkg/ha	kg/ha	kg/ha	hkg ts./ha	kg/ha
Ubehandlet gylle:							
Nedharvet	1/2 N	75	33,2	38,8	210	121,5	99,3
efter 8 timer:	1 N [*])	151	40,3	51,4	419	141,3	120,8
Nedfældet:							
	1/2 N	75	41,6	54,1	210	140,2	132,9
	1 N [*])	151	48,3	76,4	419	176,3	197,7
Afgasset gylle:							
Nedharvet	1/2 N	75	34,0	41,4	183	106,9	81,6
efter 8 timer:	1 N [*])	150	40,1	49,7	366	143,6	118,4
Nedfældet:							
	1/2 N	75	45,7	61,5	183	145,3	137,4
	1 N [*])	150	49,0	76,2	366	178,5	190,4

^{*)} 1 N til byg: ca. 120 kg ammonium-N/ha i svinegylle.

1 N til roer: ca. 240 kg ammonium-N/ha i kvæggylle.

^{**}) To års forsøg på lerjord og sandjord.

^{***}) To års forsøg på lerjord, eet år på sandjord.

I 1987-89 blev udbringningsmetoden inddraget i forsøgene. Som i andre forsøg (se afsnit 7.2) var der en forbedret virkning ved direkte nedfældning i forhold til nedharvning efter 8 timer (tabel 55). Nedfældning gav samme virkning for afgasset som for ubehandlet gylle. Den bedre virkning af nedfældet gylle må skyldes mindre tab af ammoniak ved fordampning (afsnit 5.3 og 5.4).

7.3.2 Separeret gylle

Gødningsvirkningen af separeret gylle undersøges for tiden ved Askov og Lundgård forsøgsstationer. Den separerede gylle leveres fra Statens jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm, i forbindelse med afprøvningen af forskellige separatorer.

Ved separeringen adskilles gyllen i en tørstofrig fraktion (fiberfraktion) og i en væskefraktion. Det mængdemæssige forhold mellem de to fraktioner kan variere afhængig af separatortype. I tabel 56 er vist analyseresultater for gylle anvendt i forsøg i 1988.

Tabel 56. Næringsstofindhold i separeret gylle. Gns. af analyseresultater fra 1988. Indhold i foreliggende stof.

	Svinegylle		Blandet gylle ^{*)}	
	Væskefraktion	Fiberfraktion	Væskefraktion	Fiberfraktion
Antal prøver	2	1	6	2
Tørstof, %	2,8	21,2	3,4	20,0
pH	7,3		7,3	8,1
Total-N, %	0,36	0,48	0,29	0,39
Ammonium-N, %	0,27	0,21	0,18	0,15
P, %	0,07	0,33	0,05	0,13
K, %	0,23	0,23	0,29	0,29
Na, %	0,05	0,04	0,06	0,05
Ca, %	0,08	0,54	0,09	0,25
Mg, %	0,03	0,06	0,03	0,06
Cu, ppm	11	14	9	15
Mn, -	11	46	11	30
Zn, -	31	48	17	29

^{*)} Blanding af 60% kvæggylle og 40% svinegylle.

Tabel 57 viser gødningsvirkningen af de to fraktioner.

Tabel 57. Separeret gylle til byg og roer. Foreløbige resultater af 1. års forsøg (1988).

	N-tilførsel		Askov (JB5)		Lundgård (JB1)	
	NH ₄ -N kg/ha	Total-N kg/ha	Udbytte hkg/ha	kg N/ha	Udbytte hkg/ha	kg N/ha
Vårbyg	Svinegylle		Kerne m. 85% tørstof			
Fiberfraktion	100	228	27,2	40,9	34,5	42,1
Væskefraktion	121	168	45,9	72,3	43,5	68,8
- delt udbr. *)	120	163	39,5	69,6	41,7	74,1
- sen udbr. **)	118	158	28,8	50,2	35,0	63,0
Roer ***)	Blandet ****)		Rod + toptørstof			
Fiberfraktion	269	685	143,8	143,7	91,3	113,1
Væskefraktion	245	397	164,4	191,7	93,0	113,8
- delt udbr. *)	235	378	172,5	210,0	86,5	117,6
- sen udbr. **)	214	357	127,4	137,4	-	-

*) 50% før såning + 50% samtidig med sen udbringning.

**) Til byg ved 10-15 cm plantehøjde, til roer efter udtynding.

***)) Bederoer på lerjord, kálroer på sandjord.

****)) Blanding af 60% kvæggylle og 40% svinegylle.

Gyllen doseres efter ammonium indholdet. Det betyder, at der med fiberfraktionen tilføres betydeligt større mængder total-N end med væskefraktionen.

En sikker konklusion med hensyn til gødningsvirkningen af de to fraktioner kan ikke drages efter kun eet års forsøg. Klima- og jordbundsforhold (nedbør og jordfugtighed) omkring gyllens udbringningstidspunkt og såtidspunktet, samt nedbringningsmetoden, kan måske især have indflydelse på virkningen af fiberfraktionen og dermed bevirke forskelle fra år til år.

7.3.3 Beluftet gylle

Ved at belufte gylle under opbevaringen tilføres ilt, hvorved der skabes betingelser for aerobe omsætningsprocesser i gyllen. Ved aerobe forhold nedsæt-

tes indholdet af uønskede og stærkt lugtende forbindelser i gyllen, hvorfor der i forbindelse med gyllens udbringning skulle opstå færre lugtgener.

N-virkningen af beluftet gylle i forhold til gylle opbevaret på normal måde er undersøgt i markforsøg 1983-85 ved Askov og Lundgård forsøgsstationer.

I forbindelse med udbringning af gylle i forsøgene blev der udtaget prøver til analysering for næringsstofindhold (tabel 58).

Tabel 58. Næringsstofindhold i ubehandlet og beluftet gylle.

Forsøgsår	Gylletype	pH	Tørstof	Total-N	NH ₄ -N	P	K
----- % i foreliggende stof -----							
1983	ubehandlet	6,85	7,01	0,46	0,29	0,13	0,32
	beluftet	6,90	6,00	0,37	0,21	0,09	0,28
1984	ubehandlet	7,20	6,76	0,48	0,31	0,08	0,43
	beluftet	7,20	6,76	0,45	0,28	0,11	0,34
1985	ubehandlet	7,15	4,53	0,34	0,23	0,06	0,28
	beluftet	7,20	4,22	0,29	0,18	0,06	0,26

Ved beluftning af gylle sker der en reduktion af indholdet af total-N. I forhold til gylle opbevaret på normal måde er indholdet af ammonium i beluftet gylle 10-28% lavere. Årsagen er et stærkt øget fordampningstab af ammoniak som følge af beluftsprocessen.

Resultaterne fra 5 forsøg i byg og 6 i bederoer viste ingen forskel i de to gyllearters N-virkning. Sammenligningen blev baseret på samme tilførsel af total-N i ubehandlet og beluftet gylle. Forsøgene viser derfor, at det organisk bundne N i de to gylleformer ikke afviger med hensyn til mineraliserbarhed i vækstsæsonen.

7.4 Gødningsmængder

7.4.1 Roer

Foderroer har altid været regnet som en god afgrøde i forbindelse med anvendelse af husdyrgødning. Det skyldes, at denne afgrøde har et stort N optagelsespotentiale, og at den derfor kan udnytte en stor del af det N, der sidst på

sommeren frigøres ved omsætningen af organisk bundet N i husdyrgødningen.

Ved Askov og Lundgård forsøgsstationer indgik foderroer i sædskiftet i forsøg med årlig og periodisk tilførsel af kvæggødning i sædskifte (Larsen & Kjellerup, 1989). Gødningen blev udbragt i december-januar og nedpløjet straks efter udbringningen.

Udbyttet af rod- og sandfri toptørstof efter tilførsel af henholdsvis stigende mængder kvæggødning (gylle og fast gødning) samt handelsgødning fremgår af tabel 59.

Der var på lerjorden stigende udbytter for alle de tilførte mængder husdyrgødning og på sandjorden for tilførsel op til 200 t pr. ha i rod. Husdyrgødning gav på sandjorden større udbytter end handelsgødning.

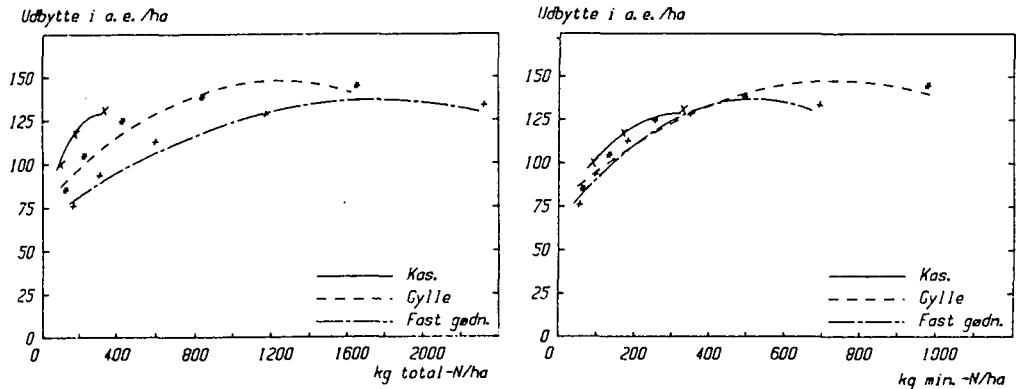
Efter anvendelse af 100 t husdyrgødning pr. ha er der tale om en væsentlig overskudstilførsel af næringsstoffer. Dette vil give en dårlig udnyttelse af plantenæringsstofferne og medføre risiko for tab til omgivelserne.

Tabel 59. Stigende mængder kvæggødning og handelsgødning til bederoer. Tørstofudbytte af rod og sandfri top i hkg/ha. Gns. af 3 forsøgsår.

	Askov (JB5)				Lundgård (JB1)			
	rod	top	rod	top	rod	top	rod	top
	Gylle		Fast gødn.		Gylle		Fast gødn.	
Kvæggødning								
25 t/ha	74,0	26,6	57,5	25,0	64,3	14,7	63,3	14,3
50 -	77,5	29,1	67,7	27,9	91,9	24,1	82,2	20,8
100 -	88,8	34,9	75,3	32,6	110,2	33,1	102,6	30,7
200 -	103,5	40,4	86,3	34,8	114,7	39,0	115,3	39,6
400 -	114,4	46,3	90,6	38,8	109,6	42,3	113,9	45,0
Handelsgødning*)								
80 kg N/ha	83,4	30,3			78,8	22,7		
160 - -	104,2	37,7			85,8	25,6		
320 - -	116,8	47,8			87,1	33,0		

*) P og K-tilførsel som ved 25, 50 og 100 t husdyrgødning.

Ved tilførsel af samme mængde gylle og fast gødning i t pr. ha blev der ved Askov opnået større udbytter efter anvendelse af gylle. På Lundgård var det samme tilfældet med tilførsel af op til 100 t gødning pr. ha, men ved tilførsel af 200 og 400 t pr. ha var der ikke statistisk sikker forskel i virkning af de to gødningstyper.



Figur 16. Udbytte i roer efter N-tilførsel i form af kvæggødning og kalkammonsalpeter (kas.). Gns. af 6 forsøg ved Askov og Lundgård.

Fig. 16 viser udbyttet i roer som funktion af dels total-N og dels mineralsk-N. Mineralsk-N betyder tilførsel af ammonium + nitrat i kas. og ammonium i husdyrgødning. Udbytterne er anført som afgrødeenheder (sum af rod + top).

Når virkningen belyses som funktion af tilført mængde total-N (fig. 16, venstre halvdel), har gylle givet et større udbytte end fast gødning.

Denne forskel i virkningen af total-N indholdet i de to gødningsformer skyldes, at en større del af N indholdet i gylle er tilstede som ammonium, og at husdyrgødningens første års virkning hovedsagelig er knyttet til indholdet af ammonium. I den anvendte kvæggylle var ca. 60% af total-N indholdet på ammoniumform, mens ammonium-N udgjorde ca. 30% af total-N indholdet i den faste gødning.

Sammenlignes virkningen af gylle og fast gødning derimod på basis af tilførsel af mineralsk-N, er udbyttet efter tilførsel af gylle og fast gødning stort set det samme (fig. 16, højre halvdel).

7.4.2 Majs

På sandjorden ved Lundgård Forsøgsstation indgik majs i sædskiftet i de fastliggende markforsøg med årlig og periodisk tilførsel af husdyrgødning. Efter anvendelse af stigende mængder husdyr- og handelsgødning blev der opnået de i tabel 60 viste udbytter.

Der har været god virkning for anvendelse af såvel gylle som fast husdyrgødning til majs. For begge gødningstyper gælder, at der er stigende udbytter med stigende tilførsel af gødning. Efter tilførsel af mere end 100 t gødning pr. ha vil der være betydelige N-mængder i overskud (afsnit 8.1.2).

Fast gødning har givet et større udbytte end gylle for samme tilførte mængde.

Tabel 60. Tørstofudbytte i majs i hkg/ha. Gns. af 3 forsøgsår på sandjord.

Gødning	Kvæggødning		Handelsgødning ^{*)}
	Gylle	Fast gødning	NPK
25 t/ha	60,7	73,8	
50 -	72,3	86,6	
100 -	92,5	107,2	
200 -	104,5	115,8	
80 kg N/ha			72,6
160 - -			83,9
320 - -			88,6

^{*)} P- og K-tilførsel 25, 50 og 100 t husdyrgødning.

7.4.3 Vårbyg

Kvæggødning

Kvæggylle og fast kvæggødning til vårbyg i sædskifte indgik i perioden 1973-85 i forsøg med årlig og periodisk tilførsel af kvæggødning ved Askov/Lundgård forsøgsstationer (Larsen & Kjellerup, 1989). Husdyrgødningen blev udbragt i december-januar og nedpløjet straks efter udbringning.

Der har på lerjord ikke været udbyttemæssig baggrund for at tilføre mere

end 25-50 t husdyrgødning pr. ha (tabel 61). På sandjord har der været udbyttestigning op til 100 t pr. ha, men af hensyn til udnyttelsesgraden af gødningens N-indhold kan anvendelse af så store mængder ikke anbefales.

Sammenlignes udbytterne efter gylle og fast gødning ved tilførsel af samme mængde gødning i t pr. ha, er der på lerjorden opnået de største udbytter efter gylle.

Tabel 61. Udbytte af kerne og halm (hkg/ha, 85% tørstof) efter tilførsel af stigende mængder kvæggødning til vårbyg. Gns. af 6 forsøgsår.

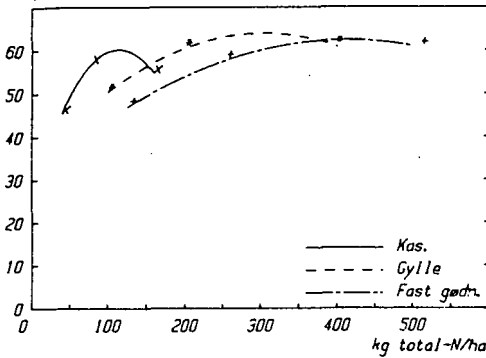
	Askov (JB5)				Lundgård (JB1)			
	Gylle		Fast gødning		Gylle		Fast gødning	
	kerne	halm	kerne	halm	kerne	halm	kerne	halm
Kvæggødning								
25 t/ha	42,9	32,3	40,0	30,9	15,5	9,4	17,8	10,5
50 -	50,2	44,3	48,5	40,3	22,5	18,3	27,5	20,9
100 -	48,4	54,0	48,5	57,7	26,5	24,3	37,5	33,6
Handelsgødning								
40 kg N/ha	39,0	29,1			22,0	16,2		
80 - -	47,5	41,2			31,6	26,2		
160 - -	41,8	54,4			32,5	37,0		

Gylle har virket bedst såfremt de opnåede udbytter sættes i relation til tilførsel af total-N pr. ha (fig. 17, venstre halvdel). Belyses virkningen derimod som funktion af den tilførte mængde mineralsk-N (dvs. ammonium) har fast gødning virket lige så godt eller endog bedre end gylle (fig. 17, højre halvdel).

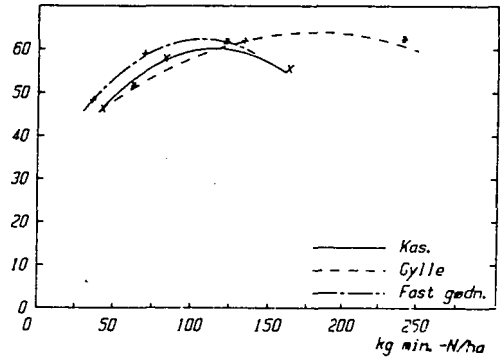
Svinegødning

Fast svinegødning og svinegylles gødningsværdi er belyst gennem forsøg i årene 1975-78 (Nemming, 1982). Husdyrgødningen blev udbragt i december-januar og nedpløjet straks efter udbringningen. Ved tilførsel af 100 kg N pr. ha blev der gennemsnitligt tilført 15,7 t fast gødning og 23,0 t svinegylle pr. ha.

Udbytte i a.e./ha



Udbytte i a.e./ha



Figur 17. Relation mellem udbytte i vårbyg (kerne + halm) og N-tilførsel. Gns. af 6 forsøgsår ved Askov.

Tabel 62. Udbytte og merudbytte (hkg/ha) for tilførsel af fast svinegødning og gylle til vårbyg.

	Kerne ^{*)}	Halm ^{**)}
	hkg/ha	
0	<u>22,2</u>	<u>14,6</u>
50 kg total-N/ha i kas.	14,0	13,6
100 - - - - -	17,4	19,5
150 - - - - -	17,2	22,4
100 kg total-N/ha i fast svinegødning	7,6	7,9
200 - - - - -	13,0	15,5
300 - - - - -	15,6	19,3
100 kg total-N/ha i svinegylle	10,4	12,8
200 - - - - -	14,1	19,7
300 - - - - -	16,7	25,0

^{*)} Gns. 15 forsøg.

^{**)} Gns. 12 forsøg.

Der blev opnået merudbytter for alle 3 mængder svinegødning (tabel 62). Som følge af et større indhold af ammonium i svinegylle gav denne et større merudbytte end fast gødning, når udbytterne sammenlignes på basis af tilførslen af total-N. Sættes udbytterne i relation til den tilførte mængde ammonium-N blev der opnået stort set samme effekt.

Virkningsgraden af det med husdyrgødningen tilførte N beregnet på grundlag af total-N har i disse forsøg været 0,25 for fast svinegødning og 0,35 for svinegylle. Det betyder, at virkningen af 100 kg total-N tilført i de to gødningstyper har kunnet erstattes af henholdsvis 25 og 35 kg N i kalkammonsalpeter.

7.4.4 Vårraps

Svinegødning

Virkningen af stigende mængder svinegylle nedharvet 1-2 dage før såning af raps er undersøgt ved Askov Forsøgsstation i perioden 1981-85 (Baadsgaard, 1989).

Sammenlignet på grundlag af mineralsk-N (N i handelsgødning og ammonium-N i gylle) tilført før såning gav svinegylle større frøudbytte end handelsgødning (tabel 63). Med 20 t svinegylle blev der i gennemsnit tilført 90 kg total-N

Tabel 63. Udbytte og merudbytte (hkg frø/ha) i vårraps efter tilførsel af svinegylle og handelsgødning på lerjord. Gns. af 5 forsøg.

Askov (JB5)				
	Svinegylle t/ha			
	0	20	40	60
hkg frø/ha	<u>20,8</u>	8,4	9,0	9,7
	Handelsgødning kg N/ha*)			
	75	150	225	
kg frø/ha	4,6	6,9	7,9	

*) P-tilførsel = 13, 26 og 39 kg P/ha.

K-tilførsel = 34, 68 og 102 kg K/ha.

og 70 kg ammonium-N pr. ha.

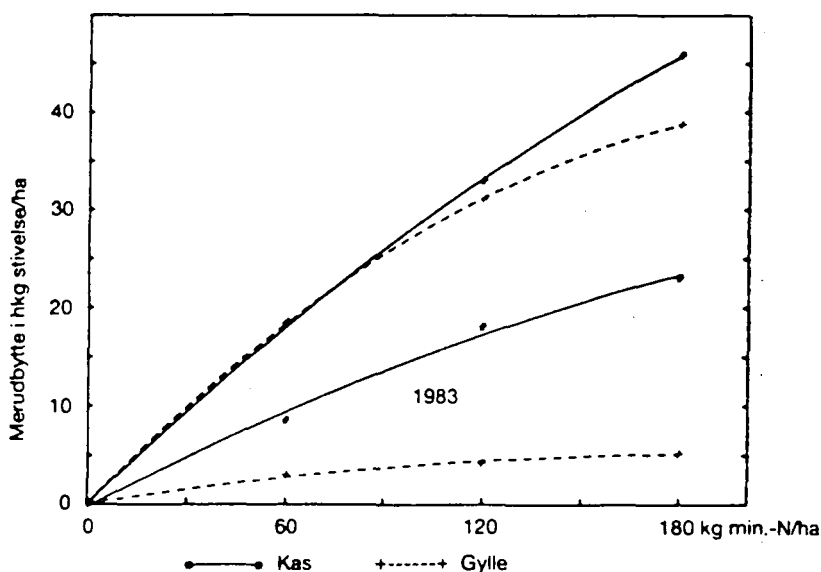
Tilførsel af mere en 20 t gylle pr. ha bevirkede kun mindre stigning i frøudbytte.

7.4.5 Industrikartofler

Kvæggylle

Ved dyrkning af kartofler til produktion af kartoffelmel ønskes der et stort udbytte med et højt tørstofindhold og dermed højt stivelsesindhold (tørstofprocent - 5,75 = stivelsesprocent).

Virkningen af stigende mængder kvæggylle på stivelsesprocenten blev undersøgt i forsøg på Lundgård Forsøgsstation (sandjord) med den sildige sort Kaptah som forsøgsafgrøde (Meincke, 1987).



Figur 18. Relation mellem udbytte af stivelse og N-tilførsel til industrikartofler.

Tilførsel af kvæggylle og kalkammonsalpeter gav samme stivelsesudbytte ved tilførsel op til omkring 120 kg mineralsk N pr. ha, svarende til ca. 60 t gylle (fig. 18). Ved anvendelse af større mængder gylle aftager udbyttekurven, i-

det stigende N-tilførsel til middeltidlige kartoffelsorter giver faldende tørstofindhold og dermed mindre udbytte af stivelse.

Ved 60 t kvæggylle pr. ha vil der være behov for tilførsel af yderligere 20 til 60 kg N i handelsgødning.

7.4.6 Græs

Kvæggødning

I forsøg med årlig og periodisk tilførsel af kvæggødning i sædskifte indgik forårsudlagt ital. rajgræs på lerjorden ved Askov Forsøgsstation (Larsen & Kjellerup, 1989). Udbringning af gødning var fordelt med 50% i forbindelse med pløjning i december-januar og den resterende mængde som overfladeudbringning med 25% efter henholdsvis 1. og 2. slæt. Samme fordelingsmønster blev anvendt ved handelsgødning, hvor de 50% blev udbragt umiddelbart før såning af græs-afgrøden. Resultater er anført i tabel 64.

Tabel 64. Udbytte af forårsudlagt ital. rajgræs (hkg tørstof/ha). Gns. af 2 forsøgsår ved Askov.

Gødskning	Gylle	Fast gødning	NPK ^{*)}
25 t/ha	46,3	38,1	
50 -	58,2	50,9	
100 -	79,4	74,8	
200 -	93,3	95,6	
80 kg N/ha			46,5
160 - -			68,7
320 - -			87,5

^{*)} P- og K-tilførsel som ved 25, 80 og 100 kvæggødning.

Der opnåedes stigende udbytte for stigende mængde husdyrgødning. Ved tilførsel af indtil 100 t pr. ha blev der fundet højere udbytter efter anvendelse af gylle end efter fast gødning. Medens udbyttet ved 1. slæt var nogenlunde ens for de to gødningsformer, blev der i de efterfølgende slæt høstet et større udbytte ved tilførsel af gylle end ved fast gødning, antagelig fordi der

med den letflydende gylle blev opnået bedre jordkontakt. Forsøgene blev gennemført uden mulighed for vanding, hvorved risikoen for et større ammoniakfordampningstab fra den faste gødning har været til stede.

Sammenlignes udbytterne efter anvendelse af husdyrgødning og handelsgødning ses det (tabel 64), at der skal udbringes op imod 200 t husdyrggødning pr. ha for at opnå samme udbytte som efter tilførsel af 320 kg N pr. ha i kalkammonsalpeter. Med 200 t husdyrgødning blev der i gennemsnit tilført 896 og 1257 kg total-N pr. ha med henholdsvis gylle og fast gødning.

7.5 Periodisk anvendelse i sædskiftet

Kvæggødning

Årlig tilførsel af moderate mængder kvæggødning (gylle eller fast gødning) blev sammenlignet med større mængder gødning anvendt med års mellemrum i fastliggende markforsøg på ler- og sandjord ved Askov og Lundgård forsøgsstationer fra 1973-85 (Larsen & Kjellerup, 1989).

Tabel 65. Årlig eller periodisk tilførsel af kvæggødning i sædskiftet. Udbytte, a.e./ha^{*)}. Gns. af 3 sædskifterotationer.

Gødskning	Askov		Lundgård	
	Gylle	Fast gødning	Gylle	Fast gødning
25 t hvert år	55,6	48,5	40,0	43,9
50 t hvert 2. år	46,6	47,9	46,6	46,5
100 t hvert 4. år	46,3	46,2	49,3	50,4
50 t hvert år	66,2	59,4	57,6	61,3
100 t hvert 2. år	58,9	58,8	59,1	61,7
200 t hvert 4. år	56,0	53,3	53,6	64,4
100 t hvert år	73,6	68,1	72,0	81,6
200 t hvert 2. år	72,0	70,5	68,3	74,5
400 t hvert 4. år	65,5	63,2	58,0	73,4

^{*)} 1 a.e. (afgrødeenhed) = 100 f.e. (foderenhed).

Forsøgene er gennemført i et sædskifte med roer, vårbyg, forårsudlagt raj-græs (majs på sandjord) og vårbyg. Det gennemsnitlige udbytte af sædskiftet (3 rotationer) er vist i tabel 65.

Sammenlignes udbyttet efter årlig tilførsel af 25 t husdyrgødning med 50 t hvert 2. år og 100 t hvert 4. år (ialt 100 t pr. ha i en 4 årig rotation) ses, at en forholdsvis mindre mængde gylle eller fast gødning hvert år på lerjorden gav større udbytte end tilførsel af større mængder med års mellemrum. Det samme var tilfældet ved højere gødningsnivauer. Ved anvendelse af 100 t husdyrgødning pr. ha over en 4 årig periode blev der på sandjord opnået det højeste gennemsnitsudbytte ved at tilføre hele gødningsmængden ad en gang. Ved anvendelse af mere end 100 t pr. ha i sædskiftet var det en fordel med at dele husdyrgødningstilførslen i lighed med lerjorden.

Tilføres der større mængder ad gangen med års mellemrum bør det ske til afgrøder med lang vækstperiode og stor produktion som roer og majs for at sikre en god udnyttelse af husdyrgødningen.

7.6 Kombination af husdyr- og handelsgødning

I forbindelse med gødningsplanlægning vil det ofte være sådan, at et areal er tilført en del husdyrgødning, og spørgsmålet er så, hvor meget N i handelsgødning, der skal suppleres med. I perioden 1982-84 blev der i samarbejde mellem De Landøkonomiske Foreninger og Askov Forsøgsstation gennemført 10 forsøg i roer og 9 forsøg i byg.

De største merudbytter i roer (tabel 66) er opnået ved en kombination af gylle og handelsgødning. Med en pris på 6 kr. pr. kg N og en udnyttelsespris på 1 kr. pr. f.e. var den økonomisk optimale N-mængde 180 til 190 kg N pr. ha, når der ikke blev anvendt gylle. Blev der gødet med 46 t gylle pr. ha var der økonomisk basis for anvendelse af ca. 90 kg N pr. ha i handelsgødning. Ved anvendelse af større gyllemængder var der ingen fortjeneste ved at supplere med handelsgødning.

I forsøgsserien blev gyllen nedbragt umiddelbart før roernes såning.

Resultaterne fra forsøg med svinegylle til byg er vist i tabel 67. Der er opnået omtrent ens udbytte ved tilførsel af 49 t gylle pr. ha eller 120 kg N pr. ha i kalkammonsalpeter.

Tabel 66. Kvæggylle til foderbederoer. Udbytte og merudbytte, a.e./ha.

Total-N kg/ha i gylle	NH ₄ -N	Gylle t/ha	0	40	80	120	240
			kg N/ha i kas.				
0	0	0	<u>102,3</u>	(11,2)*	(19,5)*	26,1	34,3
200	109	46	29,6	35,7	39,8		
400	218	92	46,8	48,9	51,8		
600	327	138	51,5	52,5	53,3		

*) Beregnede merudbytter.

Tabel 67. Svinegylle til vårbyg. Udbytte og merudbytte, hkg kerne/ha.

Total-N kg/ha i gylle	NH ₄ -N	Gylle t/ha	0	40	80	120
			kg N/ha i kalkammonsalpeter			
0	0	0	<u>23,1</u>	(6,5)*	11,0	13,4
100	72	24,5	9,3	11,7	12,8	
200	144	49	13,5	13,7	13,1	
300	216	73,5	12,4	12,4	11,6	

*) Beregnet merudbytte.

Forsøg med stigende mængder kvæggylle kombineret med tilførsel af kalkammonsalpeter blev udført i majs på sandjord ved Lundgård Forsøgsstation i årene 1978-84 (Meincke, 1986).

Der har været stigende udbytter for alle gyllemængder (tabel 68). Tilførsel af 50 kg N i kalkammonsalpeter gav sikkert merudbytte ved de anvendte gyllemængder. Med 100 kg N i handelsgødning kombineret med gylletilførsel var der kun merudbytte, hvor der var udbragt 50 t gylle pr. ha.

Tabel 68. Kvæggylle til majs, udbytte og merudbytte hkg tørstof. Gns. af 8 forsøg, 1977-84.

	0	50	100	150
	t gylle/ha			
	<u>Kolbe, hkg tørstof/ha</u>			
Ingen kalkammonsalpeter	<u>45,6</u>	11,0	16,4	21,4
50 N/ha i kalkammonsalpeter	3,7	15,8	23,6	26,8
100 N/ha - -	19,3	19,5	23,6	24,9
	<u>Stængel, hkg tørstof/ha</u>			
Ingen kalkammonsalpeter	<u>35,1</u>	17,1	26,3	32,3
50 N/ha i kalkammonsalpeter	7,5	21,7	28,5	33,1
100 N/ha - -	12,8	22,0	30,8	34,1
	<u>Kolbe + stængel, a.e./ha</u>			
Ingen Kalkammonsalpeter	<u>72,7</u>	24,1	36,7	46,3
50 N/ha i kalkammonsalpeter	9,5	32,5	45,5	52,3
100 N/ha - -	19,2	36,4	47,4	51,1

7.7 Eftervirkning af N-tilførsel med husdyrgødning

En del af N-indholdet i husdyrgødning er bundet på organisk form (se afsnit 3.1). Organisk bundet N omdannes til plantetilgængeligt N ved mineralisering, hvorved husdyrgødning kan have flerårig virkning. Dette er undersøgt i forsøg fra 1955-61 (Kofoed & Klausen, 1964).

Staldgødnings eftervirkning blev fulgt ved måling af udbyttet i korn henholdsvis 1. og 2. år efter en rodfrugtafgrøde, tilført med 40 t husdyrgødning pr. ha (tabel 69).

Der var størst eftervirkning i bygafgrøden som fulgte efter roer tilført 40 t husdyrgødning pr. ha (1. eftervirkningsår). Ved anvendelse af 62 kg N pr. ha eller derunder til byg har der været en tydelig 2. års virkning af den til roerne tilførte staldgødning. Det må antages, at der har været eftervirkning også ved de større N-mængder, men her tilsløres den på grund af lejesæd og

Tabel 69. Eftervirkning i byg og rug af 40 t fast husdyrgødning udbragt til roer. Merudbytte i hkg kerne/ha.

N tilførsel til	0	31	62	93	124
kornafgrøderne	kg N/ha				
1. eftervirkningsår, byg ^{*)}	4,2	3,3	1,9	0,8	0,4
2. - , rug ^{**)}	1,5	1,3	1,9	1,5	0,9

^{*)} Gns. 33 forsøg.

^{**)} Gns. 19 forsøg.

fordi grænsen er nået for den N-mængde, som kornet har kunnet udnytte.

Efter gennemførelse af 12 års forsøg i perioden 1973-1985 med kvæggødning i sædskifte (3 rotationer) (Larsen & Kjellerup, 1989) blev forsøgene videreført med samme sædskifte for at belyse husdyrgødningens eftervirkning (tabel 70).

Det ses, at der har været større eftervirkning efter fast gødning end efter gylle. Det skyldes dels en større N-tilførsel med fast gødning, dels at mens ca. 40% af gyllens N-indhold er organisk bundet er ca. 70% af N i den faste gødning på organisk form. Da afgrøderne i sædskiftet kun kan have udnyttet en mindre del af det organisk bundne N, er der efterladt væsentlig mere organisk bundet N efter tilførsel af fast gødning end efter gylle.

Majs indgik på sandjorden ved Lundgård som afgrøde i 3. eftervirkningsår. Som det fremgår af resultaterne i tabel 70 er der i denne afgrøde målt betydelig større eftervirkning end i græsafrøden på lerjorden for samme eftervirkningsår. Selvom begge afgrøder har en lang vækstperiode tyder det på, at majs en bedre har kunnet udnytte det N, som er blevet frigjort i løbet af vækstperioden.

Tabel 70. Eftervirkning efter årlig tilførsel af kvæggødning til samme areal gennem 12 år^{*)}. Udbytte og merudbytte i forhold til tilførsel af handelsgødning i a.e./ha (afgrødeenhed).

Årlig tilførsel	Handels- gødning	Gylle			Handels- gødning	Fast gødning		
		25	50	100		25	50	100
		t/ha				t/ha		
<u>kg N/ha</u>		Askov (JB5)						
Tilført i 12 år	1440	1203	2408	4811	1440	1650	3300	6594
Høstet i 12 år	1468	985	1385	1829	1468	910	1214	1699
Tilført – høstet	-28	218	1023	2982	-28	740	2086	4895
Eftervirkningsår								
1. år, roer	<u>78.4</u>	8,9	8,0	29,6	<u>84.1</u>	21,9	<u>38.9</u>	68,2
2. år, vårbyg	<u>24.7</u>	0,5	2,0	6,0	<u>22.3</u>	4,0	6,0	10,9
3. år, græs	<u>11.2</u>	0,8	2,9	5,6	<u>10.2</u>	3,2	<u>4.6</u>	10,8
4. år, vårbyg	<u>16.6</u>	-0,7	0,5	4,7	<u>16.3</u>	1,9	<u>5.7</u>	10,4
<u>kg N/ha</u>		Lundgård (JB1)						
Tilført i 12 år	1440	1103	2206	4405	1440	1607	3214	6420
Høstet i 12 år	1098	614	975	1489	1098	700	1085	1661
Tilført – høstet	342	489	1231	2916	342	907	2129	4759
Eftervirkningsår								
1. år, roer	<u>47.6</u>	3,1	10,9	20,7	<u>42.8</u>	9,1	23,2	33,5
2. år, vårbyg	<u>14.6</u>	-3,6	-1,9	1,6	<u>14.1</u>	-1,9	3,0	10,4
3. år, majs	<u>46.4</u>	0,9	8,9	15,2	<u>38.5</u>	5,9	21,7	40,1
4. år, byg	<u>4.8</u>	-0,1	0	0	<u>4.5</u>	0,2	2,6	3,9

^{*)} Sædskifte: Roer, vårbyg, forårsudlagt rajgræs, (majs på Lundgård) og vårbyg.

7.8 Virkning af P og K i husdyrgødning

Virkningen af P og K i husdyrgødning i forhold til P og K i handelsgødning blev undersøgt i markforsøg ved Askov, Lundgård og Lyngby i årene 1933-38 (Iversen, 1943a).

Fast staldgødning og handelsgødning blev kun tilført til første afgrøde, rodfrugt, og gødningernes virkning blev fulgt i de efterfølgende 3 år.

Optagelsen af P tilført med staldgødning og handelsgødning er vist i tabel 71.

Tabel 71. P-virkning af fast husdyrgødning og handelsgødning. Gns. af 16 forsøg.

Afgroede	P tilført til 1. års afgrøde			
	Husdyrgødning		Handelsgødning	
	44	88	44	88
	kg P/ha		kg P/ha	
Afgroede	Optagelse i % af tilført			
1. år rodfrugt	14,7	11,6	15,7	11,7
2. - byg	2,4	2,2	1,1	0,9
3. - bederoer	6,0	5,0	6,4	4,1
4. - byg	1,7	1,1	0,2	0,1
Sum af 1.-4. år	24,8	19,9	23,4	16,8
Sum af 2.-4. år	10,1	8,3	7,7	5,1

I 1. afgrøde (rodfrugt) var P-optagelsen i % af P tilført med staldgødning og handelsgødning lidt større efter handelsgødning, men i de efterfølgende afgrøder, hvor der ikke blev tilført P, var optagelsen efter tilførsel af staldgødning større.

Det er imidlertid vanskeligt at generalisere, da afgrødeart og jordens P-status i høj grad øver indflydelse på P-udnyttelsen.

Tabel 72 viser optagelsen af K tilført med handels- eller husdyrgødning.

Tabel 72. Optagelse af K tilført med fast husdyrgødning eller med handelsgødning. Gns. af 8 forsøg.

	K tilført til 1. års afgrøde			
	Staldgødning		Handelsgødning	
	45	90	45	90
	kg K/ha		kg K/ha	
Afgrøde	Optagelse i % af tilført			
1. år rodfrugt	51,9	56,5	50,6	49,8
2. - byg	3,2	5,2	2,3	3,0
3. - bederoer	14,0	18,8	17,8	17,7
4. - byg	0	0,9	0	1,1
Sum af 1.-4. år	69,1	81,4	70,7	71,6
Sum af 2.-4. år	17,2	24,9	20,1	21,8

K i husdyrgødning er lettilgængeligt, og der kan normalt regnes med samme 1. års virkning af K i husdyrgødning og i handelsgødning. I de efterfølgende år har der ikke været væsentlig forskel i merbortførselen fra husdyrgødning og handelsgødning (tabel 72, sum af 2.-4. år).

7.9 Nitrifikationshæmmere (inhibitorer)

Ved Askov Forsøgsstation er der gennem de seneste syv år gennemført forsøg med nitrifikationshæmmerne Didin og N-Serve 240 E. Det sidste middel har dog alene været med i fire af årene.

Didin er et fint krystallisk pulver med et N-indhold på 66%. Stoffet er ubegrænset holdbart i tør tilstand og opløseligt i vand med 34 g pr. liter. Dosering opgives til 15-25 kg pr. ha. N-Serve 240 E er en vandopløselig gullig væske, der skal nedbringes i jorden for at undgå tab ved fordampning. Tab kan også opstå, hvis den ikke anvendes hurtigt efter blanding med vand. Doseringen angives til 1-5 liter pr. ha.

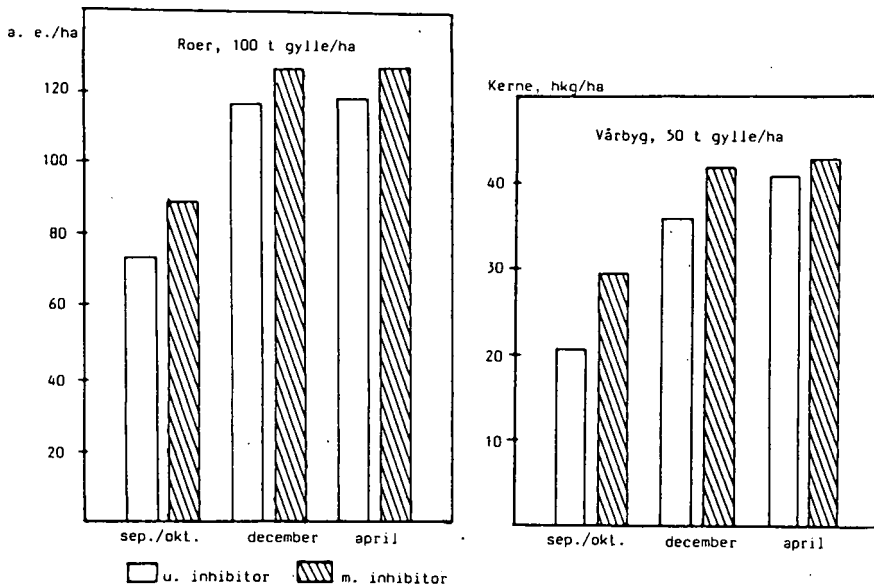
Stofferne blev blandet i gyllen lige før udbringningen, der fandt sted i september/oktober, december eller april. Den anvendte dosering fremgår af tabel 73 (Kjellerup, 1985, 1987).

Tabel 73. Dosering af inhibitor.

	Sept./okt.	December	April
Didin, kg/ha	25,0	20,0	15,0
N-Serve 240 E, l/ha	2,5	2,0	1,5

Fig. 19 viser gennemsnitsudbytter fra seks forsøg i byg og otte forsøg i roer på ler- og sandjord.

Kvæggylle tilførtes i mængder, der svarer til 100 kg ammonium-N pr. ha (ca. 50 t pr. ha) og 200 kg ammonium-N pr. ha (ca. 100 t gylle pr. ha) til henholdsvis vårbyg og roer.



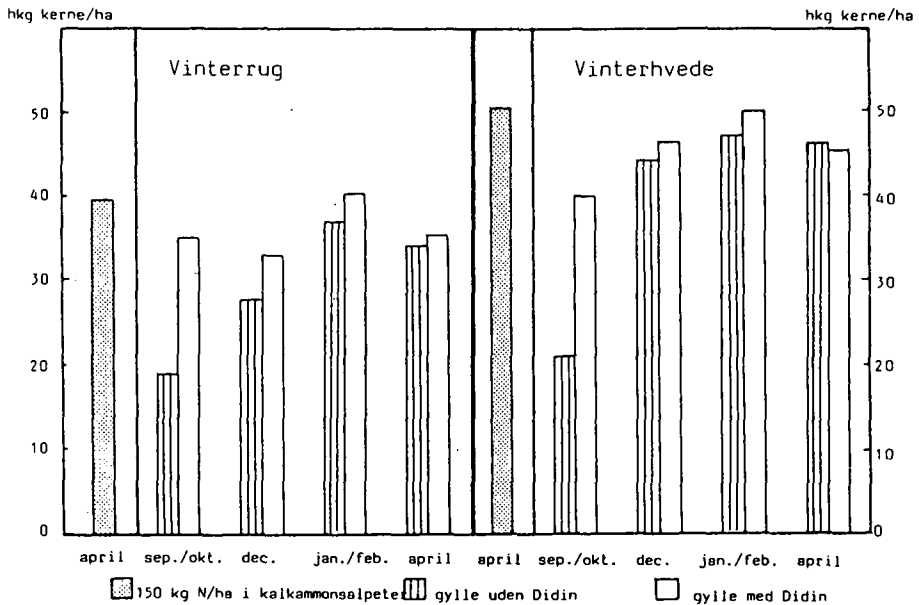
Figur 19. Udbytte i vårbyg og roer efter tilførsel på forskellige tidspunkter af gylle med og uden iblanding af nitrifikationshæmmere.

De største udbytter blev opnået efter forårsudbragt gylle. Anvendelse af nitrifikationshæmmere på denne årstid gav kun et beskedent merudbytte.

Gylle udbragt i december og iblandet nitrifikationshæmmer gav omtrent samme udbytte som gylle udbragt om foråret. Merudbyttet for anvendelse af nitrifikationshæmmere var størst for gylle udbragt i september/oktober. Udbytteneiveauet var dog væsentligt lavere end ved udbringning af gylle om foråret.

Såvel omdannelsen af ammonium til nitrat som nedbrydning af nitrifiaktionshæmmerne påvirkes kraftigt af temperaturen. Resultaterne i fig. 19 dækker derfor over betydelige variationer. I 1983 var der således ingen virkning af tilsætning af nitrifikationshæmmere ved septemberudbringning, men derimod god virkning ved udbringning i december. Temperaturen var dette efterår unormal høj helt frem til efter årsskiftet.

I 1984 og 1986 var der store merudbytter for anvendelse af nitrifikationshæmmere ved tidligt udbragt gylle, men ringe virkning ved decemberudbringning. Temperaturen var lav fra midt i november, og nitrifikationshæmmerne havde i den september/oktober-udbragte gylle hæmmet ammonium-omdannelsen, indtil natu-



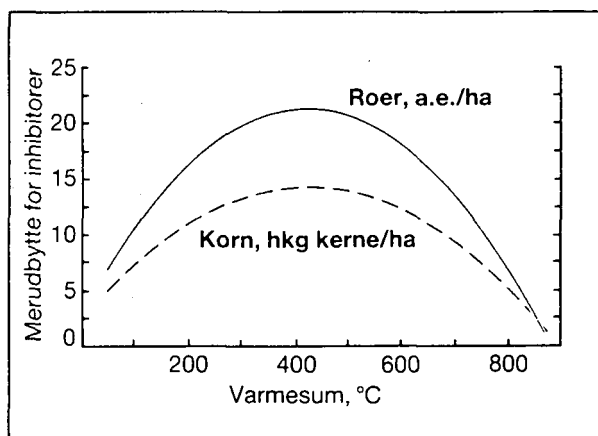
Figur 20. Udbytte i vintersæd (rug og hvede) efter tilførsel på forskellige tidspunkter af 150 kg ammonium-N i svinegylle/ha med og uden iblandning af nitrifikationshæmmere.

ren selv kunne klare dette. Ved decemberudbringning var der derimod ikke behov for denne hjælp.

Virkningen af svinegyлле iblandet nitrifikationshæmmer og tilført vintersæd er vist i fig. 20. Ved udbringning i september/oktober blev svinegyلل nedpløjet før såning. Ved de øvrige udbringningstider blev gyلل overfladeudbragt. Som gennemsnit af fem forsøg over tre år blev der opnået særdeles god virkning ved iblanding af nitrifikationshæmmer, når gyلل nedpløjedes før såning. Gylle iblandet nitrifikationshæmmer og nedpløjet før såning har i rug givet samme udbytte, som gylle udbragt på jordoverfladen i foråret. Ved de øvrige udbringningstider var der stort set ingen forskel på virkningen af gylle med og uden iblanding af nitrifikationshæmmer.

Generelt blev der opnået størst virkning af svinegyلل udbragt i januar/februar måned, hvor 50 t svinegyلل pr. ha (svarende til ca. 150 kg ammonium-N pr. ha) gav samme udbytte som tilsvarende mængder N tilført i handelsgødning om foråret.

Fig. 21 viser sammenhængen mellem varmesum og virkning af nitrifikationshæmmere (Kjellerup, 1987). De gennemførte forsøg har vist, at ved såvel lave som høje varmesummer kan der kun ventes beskedne merudbytter for anvendelse af nitrifikationshæmmere. Når temperaturen er lav, er der intet behov for nitrifikationshæmmere, idet nitrifikationsprocessens hastighed er begrænset af tem-



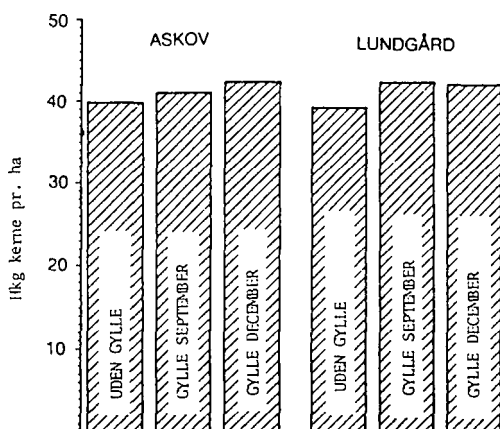
Figur 21. Sammenhæng mellem varmesum (maks. + min. temperatur/2) og merudbytte ved tilførsel af gylle iblandet nitrifikationshæmmere.

peraturen. Ved høje temperaturer sker der en relativ hurtig mikrobiel nedbrydning af nitrifikationshæmmerne, hvorved deres virkning på nitrifikationsprocessen ophører. Ammonium når i denne situation at blive omdannet til nitrat inden jordtemperaturen falder til nær frysepunktet.

Den gunstige virkning, som nitrifikationshæmmere kan have på udnyttelsen af gyllens ammoniumindhold og dermed også på, hvor meget nitrat der udvaskes, afhænger således meget af, hvordan klimaet i den efterfølgende periode udvikler sig.

7.10 Halmnedmuldning og efterårsudbragt gylle

For at belyse vekselvirkningen mellem nedmulding af halm og efterårs- og vinterudbragt gylle, blev der i perioden 1981-88 gennemført forsøg med ensidig dyrkning af vårbyg på grovsandet jord (Lundgård, JB1) og grov sandblandet lerjord (Askov, JB5). I forsøget indgik nedmuldning af 0, 4, 8 og 12 t halm pr. ha. Halmnedmuldningen blev kombineret med 35 t svinegylle udbragt efter høst og nedfræset sammen med halmen i september, og 35 t svinegylle udbragt lige før pløjning i november/december. Der blev også medtaget led uden gylletilførsel. N i handelsgødning blev tilført forår med gennemsnit 112 kg N pr. ha. Undersøgelsen er beskrevet af Thomsen (1990).

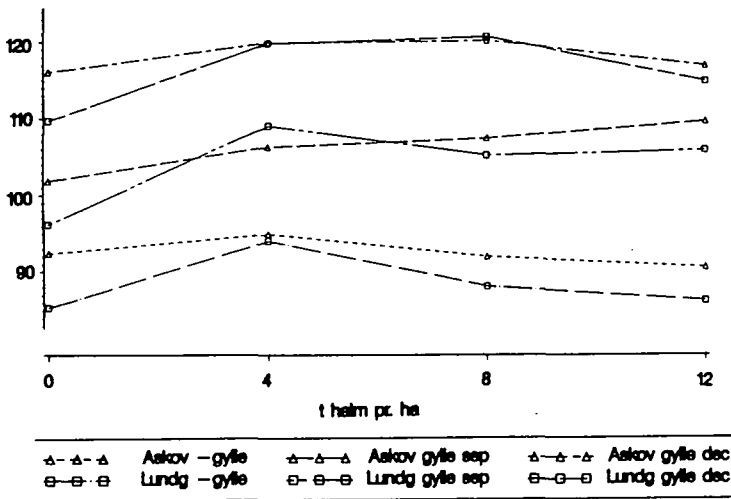


Figur 22. Kerneudbytte i vårbyg efter tilførsel af 35 t svinegylle pr. ha. Gns. af 0, 4, 8 og 12 t halm pr. ha. Der blev tilført 112,5 kg N pr. ha om foråret i handelsgødning.

Gylle tilført umiddelbart efter høst eller lige før vinterpløjningen har for begge jordtyper medført svagt øgede kerneudbytter, og virkningen af gylle var alene statistisk sikker på sandjorden (fig. 22).

Den indhøstede mængde N i halm og kerne er vist i fig. 23. Udbringningstidspunktet for gylle har på begge jordtyper påvirket optagelsen af N. I gennemsnit af halmniveauerne blev der optaget ca. 12 kg N mere pr. ha ved gylleudbringning i november/december i forhold til udbringning lige efter høst.

Kg N/ha



Figur 23. Indhøstet N-mængde i vårbyg (kerne og halm) som funktion af nedmuldet halmmængde og tilførsel af 35 t svinegylle pr. ha. Der blev tilført 112,5 kg N pr. ha om foråret i handelsgødning.

Den indhøstede mængde N uden tilførsel af gylle svarer til, hvad der optages fra hhv. handelsgødning og fra jordens organiske pulje. Den ekstra N der optages i led tilført husdyrgødning stammer fra gyllen. Med et gennemsnitligt indhold af total-N på 0,45% blev der med gyllen tilført ca. 158 kg total-N pr. ha. Fra fig. 23 kan udnyttelsesprocenten af den tilførte N beregnes (tabel 74).

Af tabellen fremgår, at nedmuldning af halm kan fordoble N-optagelsen for gylle udbragt i september. Optagelsesprocenten er dog generelt meget lav, og

Tabel 74. Udnyttelsesprocent af total-N i efterårsudbragt svinegylle ved stigende mængder halm. Beregnet ud fra optaget N i kerne og halm. Der blev tilført 158 kg total-N/ha (35 t gylle).

Sted	Tilført halm- mængde (t/ha)	Udbringningstidspunkt	
		september	december
Askov	0	6	15
	4	7	16
	8	10	18
	12	12	17
Lundgård	0	7	15
	4	9	16
	8	11	21
	12	12	18

selv ved de største halmmængder svarer optagelsen ikke til, hvad der kan opnås ved tilførsel af gylle på et senere tidspunkt.

Ved udbringning af gylle i december måned opnås en større N-optagelse. N-udnyttelsen er størst, hvor der nedmuldes 8 t halm pr. ha. Ved nedmuldning af en normal halmmængde på 4 t pr. ha er halmens effekt på N-optagelsen forsvindende.

Det må konkluderes, at i forhold til den udbragte N-mængde i gyllen er N-udnyttelsen alt for lav uanset om der nedmuldes halm eller ej. Dette gælder både for september- og decemberudbringningerne. Ved udbringning af gylle om foråret kan der opnås en større udnyttelse af gyllens N-indhold.

8. NÆRINGSSTOFBALANCER

En næringsstofbalance kan give gode holdepunkter i forbindelse med tilrettelæggelsen af gødningsplanen.

I det følgende er vist eksempler på balancer for forskellige næringsstoffer beregnet på grundlag af resultaterne fra fastliggende markforsøg ved Askov og Lundgård forsøgsstationer samt lysimeterforsøg ved Askov Forsøgsstation, hvor virkningen af årlig tilførsel af op til 100 t kvæggødning pr. ha er sammenlignet med handelsgødning. Forsøgene er gennemført på sand- og lerjord i et 4-marks sædskifte med foderroer, byg, forårsudlagt ital. rajgræs (majs på sandjord ved Lundgård) og byg (Larsen & Kjellerup, 1989).

Næringsstofbalancerne er opstillet efter følgende ligning:

Markforsøg: Tilført - høstet = difference.

Lysimeterforsøg: Tilført - (høstet + udvaskning) = difference.

Tilførte næringsstoffer omfatter udelukkende de med gødningerne tilførte mængder, og afgrødernes bortførsel inkluderer kun de bortførte mængder, som er fjernet fra marken med indhøstede afgrøder. Ved vurdering af balancerne bør der imidlertid også tages hensyn til, at der sker en tilførsel af næringsstoffer ved atmosfærisk tør og våd afsætning, og at luftformige N-tab ved ammoniakfordampning og denitrifikation indgår i differencen mellem tilført og bortført N-mængde.

8.1 Markforsøg

8.1.1 Roer

N-balancen efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning til roer (tabel 75) viser, at der for tilsvarende mængder gylle og fast kvæggødning er den største positive difference efter fast gødning som følge af denne gødnings højere N-indhold.

Efter tilførsel af 100 t husdyrgødning pr. ha og derover bliver der efterladt betydelige mængder organisk bundet N i jorden.

Anvendelse af 160 kg N pr. ha i handelsgødning har ikke helt kunnet dække roernes N-behov, medens anvendelse af den dobbelte mængde har resulteret i en overskudstilførsel.

Tabel 75. N-, P- og K-balance (kg/ha) efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning til roer. Gns. af 6 markforsøg (Askov og Lundgård).

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
N-balance, kg N/ha									
Tilført	80	160	320	102	204	408	144	288	575
Høstet	130	169	241	103	139	203	99	132	186
Difference	-50	-9	79	-1	65	205	45	156	389
P-balance, kg P/ha									
Tilført	18	36	70	18	36	70	53	105	210
Høstet	25	28	34	20	24	31	20	26	33
Difference	-7	8	36	-2	12	39	33	79	177
K-balance, kg K/ha									
Tilført	85	170	339	82	165	332	88	175	349
Høstet	226	291	404	180	246	340	160	224	319
Difference	-141	-121	-65	-98	-81	-8	-72	-49	30

Der er stor forskel i den mængdemæssige tilførsel af P med gylle og fast gødning. Roefgrødens forbrug af P har været dækket ind ved anvendelse af 50 t gylle pr. ha, medens der allerede ved tilførsel af 25 t fast gødning har været et overskud på 33 kg P pr. ha.

For at opnå balance mellem tilført og bortført K skulle der tilføres 100 t husdyrgødning pr. ha.

Bederøer optager betydelige mængder Na, og bortførselen har i disse forsøg (tabel 76) ved tilførsel af 100 t kvæggødning pr. ha og derunder været større end de med gødning tilførte mængder. Optagelsen var nogenlunde ens efter anvendelse af gylle og fast gødning.

Der tilføres dobbelt så stor mængde Mg med fast gødning som med gylle (tabel 77). Afgrødernes bortførsel var ens på ler- og sandjord. Ved anvendelse af mere end 25 t gylle pr. ha blev der med husdyrgødningen tilført mere end optaget.

Tabel 76. Na-balance (kg/ha) efter anvendelse af kvæggødning til bederoer.
Gns. af 10 forsøg (Askov og Lundgård).

	Kvæggødning, t/ha		
	25	50	100
	Na-balance, kg Na/ha		
Tilført	14	28	56
Høstet	40	52	67
Difference	-26	-24	-11

Tabel 77. Mg-balance (kg/ha) efter anvendelse af kvæggødning til bederoer.
Gns. af 6 forsøg (Askov og Lundgård).

	Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	25	50	100	25	50	100
	Mg-balance, kg Mg/ha					
Tilført	12	25	49	25	50	99
Høstet	15	18	22	14	18	22
Difference	-3	7	27	11	32	77

Mn og Cu tilføres med husdyrgødning i så store mængder, at en roemarks forsyning af disse næringsstoffer er rigeligt dækket ved anvendelse af 25 t gødning pr. ha.

8.1.2 Majs

Balance for N, P og K i majs er beregnet på grundlag af resultater fra forsøg på sandjord ved Lundgård (tabel 78).

Tilførsel af N med husdyrgødningen har generelt været større end bortførsel med majsafgrøderne. Efter 100 t gødning pr. ha var der betydelige N-mængder i overskud.

Efter anvendelse af 80 kg N i handelsgødning er der balance, mens 160 kg N har resulteret i en mindre overskudstilførsel.

Ved tilførsel af 20 kg P i handelsgødning eller 25 t gylle pr. ha var der balance for tilført og optaget P. Som følge af det højere P-indhold i den faste gødning medførte anvendelsen af denne gødningsform en stor overskudstilførsel af P. 50 t husdyrgødning pr. ha har opvejet majsens bortførsel af K.

For Na, Mg, Mn og Cu gælder, at der ved tilførsel af 25 t gødning pr. ha tilføres meget mere end majsafgrøden bortfører.

Tabel 78. N-, P- og K-balance (kg/ha) efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning til majs på sandjord. Gns. af 3 forsøg på Lundgård.

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
N-balance, kg N/ha									
Tilført	80	160	320	97	193	386	126	252	503
Høstet	76	102	124	64	81	113	77	105	141
Difference	4	58	196	33	112	273	49	147	362
P-balance, kg P/ha									
Tilført	20	39	78	20	39	78	45	90	179
Høstet	15	18	20	16	17	22	18	23	32
Difference	5	21	58	4	22	56	27	67	147
K-balance, kg K/ha									
Tilført	83	166	332	90	180	359	76	152	304
Høstet	93	129	169	78	118	160	92	140	184
Difference	-10	37	163	12	62	199	-16	12	120

8.1.3 Vårbyg

Af udbytterne for tilførsel af stigende mængder kvæggødning (afsnit 7.4.3) fremgik, at der på lerjorden ikke var baggrund for at tilføre mere end 50 t husdyrgødning pr. ha. I tabel 79 ses det, at der efter tilførsel af denne

mængde med gylle er en positiv difference på 95 kg N pr. ha og 159 kg N pr. ha efter fast gødning. I differencen indgår ammoniakfordampning, denitrifikation og udvaskning af N samt tilskud til jordens N-pulje.

Efter anvendelse af 80 kg N pr. ha i handelsgødning har der været balance, idet der i gennemsnit er optaget lige så meget som der er tilført.

Tabel 79. N-, P- og K-balance (kg/ha) efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning til byg på lerjord. Gns. af 6 forsøg på Askov.

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
N-balance, kg N/ha									
Tilført	40	80	160	99	199	397	127	254	509
Høstet	57	80	118	69	104	134	70	95	126
Difference	-17	0	42	30	95	263	57	159	383
P-balance, kg P/ha									
Tilført	18	36	72	18	36	72	42	85	170
Høstet	15	19	23	16	20	22	17	21	25
Difference	3	17	49	2	16	50	25	64	145
K-balance, kg K/ha									
Tilført	87	173	347	87	173	347	76	153	305
Høstet	45	75	129	49	75	104	49	73	108
Difference	42	98	218	38	98	243	27	80	197

Optagelsen af P har været omtrent ens efter husdyr- og handelsgødning. Ved tilførsel af 18 kg P pr. ha har der været balance mellem tilført og optaget, det vil for husdyrgødnings vedkommende sige ved anvendelse af 25 t gylle pr. ha. Et større P-indhold i den faste gødning medfører, at der gennemgående er tilført betydelig større mængder P end bygplanterne kan udnytte.

For K har bygafgrøderne behov været dækket ind efter anvendelse af 25 t kvæggødning pr. ha.

Tabel 80. N-, P- og K-balance (kg/ha) efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning til byg på sandjord. Gns. af 6 forsøg på Lundgård.

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
N-balance, kg N/ha									
Tilført	40	80	160	85	170	340	135	269	539
Høstet	33	55	87	27	48	67	31	52	85
Difference	7	25	73	58	122	273	104	217	454
P-balance, kg P/ha									
Tilført	17	35	70	17	35	70	40	80	159
Høstet	8	11	15	6	9	12	8	12	19
Difference	9	24	55	11	26	58	32	68	140
K-balance, kg K/ha									
Tilført	68	137	274	68	137	274	68	137	273
Høstet	19	34	55	13	23	35	15	26	43
Difference	49	103	219	55	114	239	53	111	230

Af tabel 80 fremgår, at afgrøderne på sandjorden i forhold til lerjorden har optaget betydelig mindre mængder N, P og K. Denne forskel i optagelse på ler- og sandjord er i overensstemmelse med udbytteresultaterne (afsnit 7.4.3), idet udbytterne på sandjorden lå væsentlig under lerjordens.

For Na, Mg, Mn og Cu gælder, at det kun er små mængder der bortføres med afgrøderne i forhold til, hvad der tilføres med husdyrgødning.

8.1.4 Græs

Af opgørelsen for N (tabel 81) fremgår det, at der ved anvendelse af husdyrgødning blev tilført større mængder total-N end græsafgrøden bortførte, specielt efter fast gødning på grund af denne gødnings relativt større indhold af organisk bundet N. Til sammenligning har udbringning af 320 kg N med handelsgødning stort set medført balance mellem tilført og optaget N.

Tabel 81. N-, P- og K-balance (kg/ha) efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning til forårsudlagt ital. rajgræs. Gns. af 2 forsøg på lerjord ved Askov.

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
N-balance, kg N/ha									
Tilført	80	160	320	112	224	448	158	315	629
Høstet	95	170	275	96	143	200	80	120	198
Difference	-15	-10	45	16	81	248	78	195	431
P-balance, kg P/ha									
Tilført	21	41	83	21	41	83	55	110	219
Høstet	15	25	36	16	22	33	14	21	34
Difference	6	16	47	5	19	50	41	89	185
K-balance, kg K/ha									
Tilført	77	154	308	77	154	308	90	179	358
Høstet	159	279	421	161	232	352	125	193	336
Difference	-82	-125	-113	-84	-78	-44	-35	-14	22

Græsafgrødernes P-behov har været dækket ind ved tilførsel af 25 t husdyrgødning pr. ha.

For K har forholdene været væsentlig anderledes, idet det for at opnå balance mellem tilført og bortført K har været nødvendigt at tilføre 100 t gødning eller mere pr. ha.

8.1.5 Sædskifte

Tabel 82, 83 og 84 viser eksempler på balancer for tilført og bortført N, P og K, hvor der over en årrække årligt blev tilført henholdsvis handels- og husdyrgødning til samme areal.

Tabel 82. N-balance (kg N/ha) efter årlig tilførsel af N i handels- og kvæg-gødning til samme areal gennem 12 år*).

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
Askov (JB5)	N-balance, kg N/ha								
Tilført	720	1440	2880	1203	2408	4811	1650	3300	6594
Høstet	986	1468	2192	985	1385	1829	910	1214	1699
Difference	-266	-28	688	218	1023	2982	740	2086	4895
Gns. årlig diff.	-22	-2	57	18	85	248	62	174	408
Lundgård (JB1)	N-balance, kg N/ha								
Tilført	720	1440	2880	1103	2206	4405	1607	3214	6420
Høstet	809	1098	1588	614	975	1489	700	1085	1661
Difference	-89	342	1292	489	1231	2916	907	2129	4759
Gns. årlig diff.	-7	29	108	41	103	243	76	177	397

*) Sædskifte: Roer, vårbyg, græs (majs på JB1) og vårbyg.

Når der i løbet af 12 år blev tilført 1440 kg pr. ha (årligt gns. 120 kg N pr. ha) i handelsgødning til sædskiftet har der omtrent været balance mellem tilført og bortført N (tabel 82).

Anvendes husdyrgødning vil der efter årlig tilførsel af 50 t gylle pr. ha på lerjorden (Askov) være en overskudstilførsel på 85 kg N pr. ha i gennemsnit pr. år og efter tilsvarende mængde fast gødning det dobbelte på grund af denne gødningsforms højere N-indhold. På sandjorden (Lundgård) var mertilførselen af N henholdsvis 103 og 177 kg pr. ha. Efter 100 t gødning pr. ha årligt var overskudet op til tre gange større.

Opgørelsen for P (tabel 83) viser balance mellem tilført og bortført P, når der i gennemsnit tilførtes 18 kg P pr. ha årligt, enten med NPK i handelsgødning eller 25 t gylle.

Med 25 t fast gødning blev der tilført gennemsnitlig 48 og 43 kg P årligt på henholdsvis ler- og sandjord. Det har resulteret i, at der allerede efter denne mængde husdyrgødning har været en overskudstilførsel af P på 30 kg P pr. år.

Tabel 83. P-balance (kg P/ha) efter årlig tilførsel af P i handels- og kvæg-gødning til samme areal gennem 12 år. Sædskifte, se tabel 82.

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
<u>Askov (JB5)</u>	P-balance, kg P/ha								
Tilført	216	432	860	216	432	860	579	1154	2304
Høstet	195	266	345	194	246	291	188	240	309
Difference	21	166	515	22	186	569	391	914	1995
Gns. årlig diff.	2	14	43	2	16	47	32	76	166
<u>Lundgård (JB1)</u>									
Tilført	219	439	872	219	439	872	514	1027	2049
Høstet	165	197	241	138	189	251	163	240	349
Difference	54	242	631	81	250	621	351	787	1700
Gns. årlig diff.	5	20	53	7	21	52	29	66	142

Tabel 84. K-balance (kg K/ha) efter årlig tilførsel af K i handels- og kvæg-gødning til samme areal gennem 12 år. Sædskifte, se tabel 82.

	Handelsgødning			Gylle, t/ha			Fast gødning, t/ha		
	1/2	1	2	25	50	100	25	50	100
<u>Askov (JB5)</u>	K-balance, kg K/ha								
Tilført	1008	2015	4027	1008	2015	4027	996	1990	3977
Høstet	1404	2201	3379	1285	1724	2368	1080	1517	2246
Difference	-396	-186	648	-277	291	1659	-84	473	1731
Gns. årlig diff.	-33	-16	54	-23	24	138	-7	39	144
<u>Lundgård (JB1)</u>									
Tilført	919	1838	3671	919	1838	3671	887	1774	3543
Høstet	1076	1396	1899	755	1221	1803	828	1276	1905
Difference	-157	442	1772	164	617	1868	59	498	1638
Gns. årlig diff.	-13	37	148	14	51	156	5	42	137

Afgrødernes samlede K-optagelse (sum af 12 år) har været væsentligt højere på lerjorden end på sandjorden (tabel 84). Dette forhold skyldes i særlig grad, at der indgik en græsafrøde i sædskifte på lerjorden, en afgrøde som optager meget K.

På sandjorden fandtes en positiv K-balance, når der årligt blev tilført 25 t husdyrgødning. Overskudstilførsel af K viste sig først på lerjorden efter 50 t gødning pr. ha.

8.2 Lysimeterforsøg

8.2.1 Balancer for enkelte afgrøder

Næringsstofbalancer efter anvendelse af husdyr- og handelsgødning er opstillet efter følgende ligning: Tilført - (høstet + udvasket) = difference.

Tabel 85. N-balance (g/m^2) efter anvendelse af kvæggylle og handelsgødning på sandjord (Lundgård, JB1). Gns. af 1974-83.

	Handelsgødning			Gylle, kg/m^2		
	1/2	1	2	2,5	5	10
Roer						
Tilført total-N	8,0	16,0	32,0	10,0	19,9	39,8
Høstet	9,8	15,5	26,2	10,3	14,6	24,0
Udvasket	0,8	1,1	1,5	1,2	1,6	2,3
Difference	-2,6	-0,6	4,3	-1,5	3,7	13,5
Byg						
Tilført total-N	4,0	8,0	16,0	10,4	20,8	41,5
Høstet	5,0	8,3	12,3	5,5	7,6	11,1
Udvasket	2,5	3,8	4,2	5,1	6,0	9,7
Difference	-3,5	-4,1	-0,5	-0,2	7,2	20,7
Græs						
Tilført total-N	8,0	16,0	32,0	11,1	22,1	44,3
Høstet	5,7	11,4	22,4	6,5	10,7	16,9
Udvasket	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1	1,1
Difference	2,3	4,6	9,4	4,6	11,4	26,3

Lægges tab af næringsstof ved udvaskning til den mængde, der bortføres fra marken med afgrøden (høstet), fås et udtryk, der dækker over, hvor meget af næringsstoffet der er blevet tilbageholdt i jorden, og for N desuden forsvundet ved ammoniakfordampning og denitrifikation.

I tabel 85 og 86 er vist N-balancer for afgrøderne roer, vårbyg og græs. Tilførsel af N fra atmosfæren er ikke medregnet i balancerne.

Efter tilførsel til roer af 5 kg husdyrgødning pr. m² (50 t pr. ha), indeholdende ca. 20 g total-N pr. m² (200 kg N pr. ha) har der på sandjord efter anvendelse af gylle været et overskud svarende til 37 kg N pr. ha (tabel 85), medens der på lerjord har været balance (tabel 86). Hvis gødningsmængden derimod øges til det dobbelte (100 t pr. ha) har afgrøderne ikke kunnet udnytte det tilførte N, hvilket bl.a. har resulteret i en stigning i N-udvaskning som

Tabel 86. N-balance (g/m²) efter anvendelse af kvæg- og handelsgødning på lerjord (Rønhave, JB7). Gns. af 1974-83.

	Handelsgødning			Kvæggødning, kg/m ²					
	1/2	1	2	Gylle			Fast gødning		
	2,5	5	10	2,5	5	10	2,5	5	10
Roer									
Tilført total-N	8,0	16,0	32,0	10,0	19,9	39,8	12,4	24,9	49,7
Høstet	18,4	23,0	34,2	17,2	18,9	29,7	18,9	22,9	26,1
Udvasket	1,0	1,1	1,3	1,7	1,7	2,3	1,4	2,0	2,4
Difference	-11,4	-8,1	-3,5	-8,9	-0,7	7,8	-7,9	0,0	21,2
Byg									
Tilført total-N	4,0	8,0	16,0	10,4	20,8	41,5	14,3	28,6	57,1
Høstet	7,3	9,9	15,2	7,8	10,9	14,6	7,7	9,6	13,0
Udvasket	3,0	3,7	4,4	5,0	5,1	9,0	5,2	6,8	9,2
Difference	-6,3	-5,6	-3,6	-2,4	4,8	17,9	1,4	12,2	34,9
Græs									
Tilført total-N	8,0	16,0	32,0	11,1	22,1	44,3	13,6	27,3	54,5
Høstet	9,3	14,0	24,4	8,4	12,9	20,7	7,6	9,9	16,4
Udvasket	0,3	0,4	0,7	< 0,1	< 0,1	0,4	< 0,1	0,7	0,6
Difference	-1,6	1,6	6,9	2,7	9,2	23,2	6,0	16,7	37,5

tidligere omtalt.

Bygafgrøderne har efterladt mere N end bederoerne, og selvom det har medført en væsentlig større udvaskning efter høst, har anvendelse af 5 kg husdyrgødning pr. m^2 resulteret i en positiv N-balance.

For græssets vedkommende har tilførsel udover 5 kg husdyrgødning pr. m^2 medført et væsentlig overskud af N.

Generelt vil overskud af N være større efter anvendelse af fast staldgødning end efter gylle, idet den faste gødning har et relativt større indhold af organisk bundet N.

Tabellerne 87 til 90 viser balancer for P og K.

Tabel 87. P-balance (g/m^2) efter anvendelse af kvæggylle og handelsgødning på sandjord (Lundgård, JBl). Gns. af 1974-83.

	Handelsgødning			Gylle, kg/m^2		
	1/2	1	2	2,5	5	10
Roer						
Tilført	1,9	3,8	7,8	1,9	3,9	7,7
Høstet	2,1	3,6	3,9	2,2	3,2	5,2
Udvasket	< 0,03			< 0,03		
Difference	-0,2	0,2	3,9	-0,3	0,7	2,5
Byg						
Tilført	2,0	4,1	8,1	2,0	4,1	8,1
Høstet	1,1	1,8	2,1	1,2	1,6	2,2
Udvasket	< 0,03			< 0,03		
Difference	0,9	2,3	6,0	0,8	2,5	5,9
Græs						
Tilført	2,0	4,0	8,0	2,0	3,9	7,8
Høstet	1,1	2,1	3,6	1,4	2,2	3,3
Udvasket	< 0,03			< 0,03		
Difference	0,9	1,9	4,4	0,6	1,7	4,5

Tabel 88. P-balance (g/m^2) efter anvendelse af husdyr- og kvæggødning på ler-jord (Rønhave, JB7). Gns. af 1974-83.

	Handelsgødning			Kvæggødning, kg/m^2					
				Gylle			Fast gødning		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Roer									
Tilført	1,9	3,9	7,8	1,9	3,9	7,8	4,7	9,4	18,8
Høstet	4,1	4,5	6,6	4,0	4,1	5,4	4,3	4,5	5,1
Udvasket	< 0,03			< 0,03			< 0,03		
Difference	-2,2	-0,6	1,2	-2,1	-0,2	2,4	0,4	4,9	13,7
Byg									
Tilført	2,0	4,1	8,1	2,0	4,1	8,1	4,0	8,0	15,9
Høstet	2,0	2,5	3,3	2,1	2,5	2,8	2,3	2,6	3,3
Udvasket	< 0,03			< 0,03			< 0,03		
Difference	0,0	1,6	4,8	-0,1	1,6	5,3	1,7	5,4	12,6
Græs									
Tilført	2,0	4,0	8,0	2,0	3,9	7,8	5,5	10,9	21,9
Høstet	2,1	2,7	4,4	1,9	2,9	4,2	1,9	2,6	4,3
Udvasket	< 0,03			< 0,03			< 0,03		
Difference	-0,1	1,3	3,6	0,1	1,0	3,6	3,6	8,3	17,6

I roerne har der stort set været balance for P ved årlig tilførsel af 50 t gylle pr. ha på sandjord. Tilførsel af 25 t gylle pr. ha til byg og græs har kunnet dække afgrødernes P-behov.

På grund af større P-indhold i fast staldgødning (ca. dobbelt så højt indhold som i gylle) har anvendelse af fast gødning medført en overskudstilførsel af P, da optagelse og udvaskning praktisk taget har været den samme som for gylle (tabel 87 og 88).

Tabel 89. K-balance (g/m^2) efter anvendelse af kvæggylle og handelsgødning på sandjord (Lundgård, JB1). Gns. af 1974-83.

	Handelsgødning			Gylle, kg/m^2		
	1/2	1	2	2,5	5	10
Roer						
Tilført	8,3	16,6	33,2	8,2	16,3	32,7
Høstet	17,3	25,6	38,8	17,2	25,5	41,9
Udvasket	1,3	1,3	1,6	1,3	1,2	1,5
Difference	-10,3	-10,3	-7,2	-10,3	-10,4	-10,7
Byg						
Tilført	8,1	16,3	32,6	8,1	16,1	32,3
Høstet	4,2	7,5	11,7	4,0	5,4	9,3
Udvasket	1,3	1,2	1,7	1,2	1,1	1,5
Difference	2,6	7,6	19,2	2,9	9,6	21,5
Græs						
Tilført	8,7	17,4	34,8	8,6	17,1	34,5
Høstet	10,5	22,9	41,8	12,3	21,2	35,7
Udvasket	1,3	1,1	1,4	1,1	1,0	1,7
Difference	-3,1	-6,6	-8,4	-4,8	-5,1	-2,9

Med de anvendte gødningsmængder har roe- og græsafgrødernes bortførsel af K ikke været dækket ind. Der er en negativ balance for roernes vedkommende svarende til 161-304 kg K på lerjord og 72-107 kg K på sandjorden. Ved græs er de tilsvarende underskud på 72-127 kg K på lerjord og 29-84 kg K pr. ha på sandjord (tabel 89 og 90).

For bygens vedkommende har det været omvendt, idet der selv ved tilførsel af mindre husdyrgødningsmængder (25 t pr. ha) blev tilført større mængder K end afgrøden bortførte.

Tabel 90. K-balance (g/m^2) efter anvendelse af husdyr- og kvæggødning på lerjord (Rønhave, JB7). Gns. af 1974-83.

	Handelsgødning			Kvæggødning, kg/m^2					
				Gylle			Fast gødning		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
Roer									
Tilført	8,1	16,2	32,5	8,2	16,3	32,7	7,8	15,6	31,7
Høstet	34,6	41,4	62,6	32,6	33,8	48,8	35,9	41,5	47,4
Udvasket	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4
Difference	-26,8	-25,5	-30,4	-24,7	-17,8	-16,3	-28,6	-26,3	-16,1
Byg									
Tilført	8,2	16,5	32,9	8,1	16,1	32,3	8,3	16,6	33,3
Høstet	6,9	10,7	17,2	6,5	8,4	11,3	6,7	8,6	11,9
Udvasket	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Difference	1,0	5,5	15,4	1,3	7,4	20,7	1,4	7,8	21,2
Græs									
Tilført	8,0	16,0	32,0	8,6	17,1	34,3	7,2	14,5	28,9
Høstet	19,3	28,2	44,4	17,0	27,6	44,0	14,8	21,4	35,8
Udvasket	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Difference	-11,7	-12,6	-12,7	-8,7	-10,9	-10,0	-8,0	-7,3	-7,2

8.2.2 Balance for sædskifte

Tabel 91 og 92 viser balancer for henholdsvis N, P og K efter årlig tilførsel af enten husdyr- eller handelsgødning til samme areal gennem en årrække.

På sandjorden med sædskiftet roer, byg, græs og byg blev der næsten opnået balance mellem tilført og indhøstet N-mængde, når der i gennemsnit blev anvendt 6,0 og 12,0 g N pr. m^2 og år (60 og 120 kg N pr. ha) i handelsgødning (tabel 91).

Derimod viser resultaterne for lerjorden, at afgrøderne ved disse mængder N har optaget mere end der er tilført, og at der først ved anvendelse af 24,0 g N pr. m^2 (240 kg N pr. ha) tilføres mere N end der fjernes med afgrøderne.

Tabel 91. N-balance (g N/m^2) i lysimeterforsøg som gns. af sædskifte (1974-83)

	Handelsgødning			Kvæggødning, kg/m^2					
				Gylle			Fast gødning		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
<u>Lundgård (JB1)</u>									
Tilført N	6,0	12,0	24,0	10,4	20,8	41,6			
Høstet	6,3	10,9	18,0	6,9	10,1	15,8			
Udvasket	2,0	2,9	3,3	4,5	6,0	8,5			
Difference	-2,3	-1,8	2,7	-1,0	4,7	17,3			
<u>Rønhave (JB7)</u>									
Tilført N	6,0	12,0	24,0	10,4	20,8	41,6	13,6	27,2	54,4
Høstet	10,2	14,1	21,6	10,4	13,4	19,9	10,5	13,0	17,1
Udvasket	2,6	3,2	3,8	4,6	5,3	8,7	4,3	6,0	7,7
Difference	-6,8	-5,3	-1,4	-4,6	2,1	13,0	-1,2	8,2	29,6

Tabel 92. P-balance (g P/m^2) i lysimeterforsøg som gns. af sædskifte (1974-83)

	Handelsgødning			Kvæggødning, kg/m^2					
				Gylle			Fast gødning		
	1/2	1	2	2,5	5	10	2,5	5	10
<u>Lundgård (JB1)</u>									
Tilført P	2,0	4,0	8,0	2,0	4,0	8,0			
Høstet	1,4	2,3	2,9	1,5	2,2	3,2			
Udvasket	< 0,03			< 0,03					
Difference	0,6	1,7	5,1	0,5	1,8	4,8			
<u>Rønhave (JB7)</u>									
Tilført P	2,0	4,0	8,0	2,0	4,0	8,0	4,5	9,0	18,0
Høstet	2,6	3,3	4,7	2,5	3,0	3,8	2,7	3,1	4,0
Udvasket	< 0,03			< 0,03					
Difference	-0,6	0,7	3,3	-0,5	1,0	4,2	1,8	5,9	14,0

Efter tilførsel af 5 kg kvæggylle pr. m^2 (50 t pr. ha) årligt er der en mertilførsel af N på 4,7 g N pr. m^2 på sandjorden og 2,1 g på lerjorden. Med disse mængder sker der ikke nogen væsentlig akkumulering af N i jorden, hvori- mod dette er tilfældet med tilførsel af 100 t gylle pr. ha. Efter anvendelse af samme mængde fast kvæggødning (50 t pr. ha) har overskudsmængden været større som følge af denne gødningstypes større indhold af organisk bundet N.

Af opgørelsen for P (tabel 92) fremgår, at der er nogenlunde balance mellem tilført og optaget P, når der blev tilført 2 g P pr. m^2 (20 kg P pr. ha) enten med handelsgødning eller kvæggylle.

Hvor der er tilført mere end 40 kg P pr. ha, er der i det aktuelle sædskifte sket en overskudstilførsel.

Tabel 93. K-balance (g K/ m^2) i lysimeterforsøg som gns. af sædskifte (1974-83)

	Handelsgødning				Kvæggødning, kg/ m^2					
	1/2	1	2	2,5	Gylle			Fast gødning		
					5	10		2,5	5	10
<u>Lundgård (JB1)</u>										
Tilført K	8,3	16,6	33,2	8,3	16,6	32,8				
Høstet	9,1	15,9	26,0	9,4	14,4	24,0				
Udvasket	1,8	1,7	2,2	1,8	1,7	2,6				
Difference	-2,6	-1,0	5,0	-2,9	0,5	6,2				
<u>Rønhave (JB7)</u>										
Tilført K	8,3	16,3	33,2	8,2	16,3	32,8	8,0	15,9	31,8	
Høstet	17,0	22,8	35,7	15,7	19,5	28,9	16,0	20,0	26,7	
Udvasket	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	
Difference	-9,1	-6,9	-2,9	-8,0	-3,7	3,5	-8,4	-4,6	4,7	

For K (tabel 93) har der på sandjorden været balance ved tilførsel af 5 kg kvæggylle pr. m^2 (50 t pr. ha), medens der som følge af afgrødernes større K-optagelse på lerjorden skal anvendes en større husdyrgødningsmængde for at opnå balance.

9. INDFLYDELSE PÅ JORDBUNDEN

Ved anvendelse af staldgødning og gylle tilføres jorden betydelige mængder af organisk materiale. Dette kan forventes at påvirke en række af de jordbunds-faktorer, der har betydning for, at jorden kan fungere som et godt grundlag for planteproduktion.

I et forsøg anlagt ved Askov i 1973 (belastningsforsøg, L-mark, se Larsen & Kjellerup, 1989), og i de langvarige gødningsforsøg (anlagt 1894, se Christensen, 1989) er der udført en række specialundersøgelser med det formål at belyse husdyrgødningens indflydelse på jordbundens struktur, jordens mikrobielle biomasse og fauna, specielt regnorme. I det efterfølgende vil resultater fra disse undersøgelser blive omtalt. Husdyrgødningens indflydelse på jordens indhold af organisk stof (humus) vil blive omtalt ved undersøgelser udført i de langvarige gødningsforsøg, og i et rammeforsøg anlagt 1956 (Christensen, 1988a).

9.1 Jordbundsfysiske parametre

Fra Statens Forsøgsstation, Højer, blev der i 1976, 1980 og 1984 gennemført målinger af en række jordbundsfysiske parametre (K. Rasmussen & P. Schjønning, pers. medd.).

Tabel 94 viser resultater fra vådsigtningsanalyse til bestemmelse af stabile aggregater i jorden. Tabellen viser procenten af aggregater (2-8 mm diameter), som efter 5 minutters sigtning ikke er blevet sønderdelt til < 1 mm. Desuden er indekset dVGD angivet. Dette angiver ændringen i den vejede gennemsnitlige aggregatdiameter under sigteprocessen. Jo mindre dette indeks er, desto større er stabiliteten af de vådstabile aggregater.

Det fremgår, at de staldgødede led ved alle prøveudtagningstidspunkter har haft en større procent stabile aggregater end handelsgødede led (NPK). Samme billede fremgår af bestemmelsen af ændringen i den gennemsnitlige aggregatdiameter under sigtningen (dVGD). Der synes dog ikke at være entydige forskelle mellem forskellige staldgødningsmængder (25, 50 og 100 t pr. ha pr. år).

Tabel 95 viser resultater fra en vådsigtningsanalyse udført på aggregatfraktioner fra ugødet, handels- og husdyrgødede led i de langvarige gødningsforsøg ved Askov (Schjønning, 1986). Der er en betydelig forøgelse af aggregaternes stabilitet i husdyrgødet jord i forhold til såvel ugødet som handelsgø-

det jord. I forhold til handelsgødede led, har husdyrgødning således givet værdier der, afhængigt af aggregatfraktion, er 15-18%-enheder større.

Tabel 94. Procent stabile aggregater i handelsgødede (NPK) og staldgødede (25, 50, 100 t/ha/år) parceller (L-mark, Askov), bestemt som mængden af aggregater (2-8 mm diameter) der ikke er sønderdelt til < 1 mm efter 5 min. vådsigtning. dVGD angiver ændringer i den gennemsnitlige aggregatdiameter under sigtningen (K. Rasmussen & P. Schjønning, pers. medd.).

Gødnings- behandling	% stabile aggregater			dVGD, mm		
	1976	1980	1984	1976	1980	1984
NPK	67,9	73,0	72,0	1,90	1,63	1,72
25 t	72,8	79,4	76,4	1,68	1,32	1,45
50 t	73,9	80,5	76,1	1,56	1,31	1,51
100 t	71,6	83,4	75,9	1,79	1,13	1,50

Tabel 95. Procent vådstabile aggregater i jord indsamlet i de langvarige gødningsforsøg ved Askov (Schjønning, 1986).

Aggregatfraktion mm	Stabile aggregater, %			LSD
	Ugødet	Handels- gødning	Stald- gødning	
6-8	31,8	43,1	61,2	7,1
4-8	39,9	47,7	63,5	9,8
2-8	42,1	48,9	64,6	9,8
1-8*)	48,8	56,2	71,3	8,4

*) Procent aggregater af fraktionen 2-8 mm, der efter sigtning ikke er sønderslået til diameter under 1 mm.

Tabel 96 viser jordens porevolumen i belastningsforsøget (L-mark). Anvendelse af staldgødning har som regel givet anledning til et større totalt porevolumen i jorden. Stigningen i jordens porøsitet har især fundet sted for porer større end 0,03 mm.

Tilsvarende undersøgelser af porevolumenet i jord fra de langvarige gødningsforsøg viser imidlertid (tabel 97), at husdyrgødet jord kun har en mindre og ikke statistisk sikker forøgelse i porøsiteten i forhold til handelsgødet jord (Schjønning, 1986).

I modsætning til resultaterne vist i tabel 96, viser porøsitetmålingerne i jord fra de langvarige gødningsforsøg (tabel 97), at husdyrgødning giver en tendens til fald i de store porer ($> 0,03$ mm) og stigning i små porer ($< 0,03$ mm). Den svage stigning i små porer som følge af husdyrgødning medfører en forøgelse af jordens vandholdende evne, der kan beregnes til 3-4 mm vand i 0-20 cm i forhold til handelsgødet jord (Schjønning, 1986).

I forhold til handelsgødet jord har anvendelse af staldgødning således givet en sikker forøgelse i stabiliteten af jordens aggregater (2-8 mm) i våd tilstand og har desuden øget jordens porøsitet.

Tabel 96. Porevolumen i jord tilført handelsgødning (NPK) og staldgødning (25, 50 og 100 t/ha/år). L-mark, Askov (K. Rasmussen & P. Schjønning, pers. medd.).

Gødn. behand.	Totalt porevolumen			Porer $> 0,03$ mm			Porer $< 0,03$ mm		
	1976	1980	1984	1976	1980	1984	1976	1980	1984
NPK	44,3	40,0	41,8	13,9	6,6	9,3	30,4	43,3	32,5
25 t	46,8	40,4	44,7	18,0	8,1	11,8	28,8	32,2	32,9
50 t	46,4	45,2	46,0	15,7	11,5	13,5	30,7	33,7	32,5
100 t	47,4	45,3	48,9	16,8	11,0	14,4	30,6	34,3	34,5

Tabel 97. Porevolumen i jord indsamlet i B.3 og B.5 marken i de langvarige gødningsforsøg ved Askov i henholdsvis 1984 og 1985 (Schjønning, 1986). Absolutte værdier angivet for handelsgødet jord og forskelle herfra angivet for ugødet og husdyrgødet jord.

Porestørrelses- fraktion	Ugødet	Handels- gødet	Husdyr- gødet	LSD
Mark B3, 1984:				
< 0,03 mm	+0,1	29,0	+2,9	3,6
> 0,03 mm	-2,7	9,4	-2,0	2,9
I alt	-2,6	38,4	+0,9	3,8
Plantetilg. vand ^{*)}	+0,9	20,0	+1,8	-
Mark B5, 1985:				
< 0,03 mm	-1,2	26,3	+1,4	1,4
> 0,03 mm	-0,6	13,5	-0,9	2,0
I alt	-1,8	39,8	+0,5	1,6
Plantetilg. vand ^{*)}	-1,3	18,5	+1,4	-

^{*)} korrigeret til samme volumenvægt.

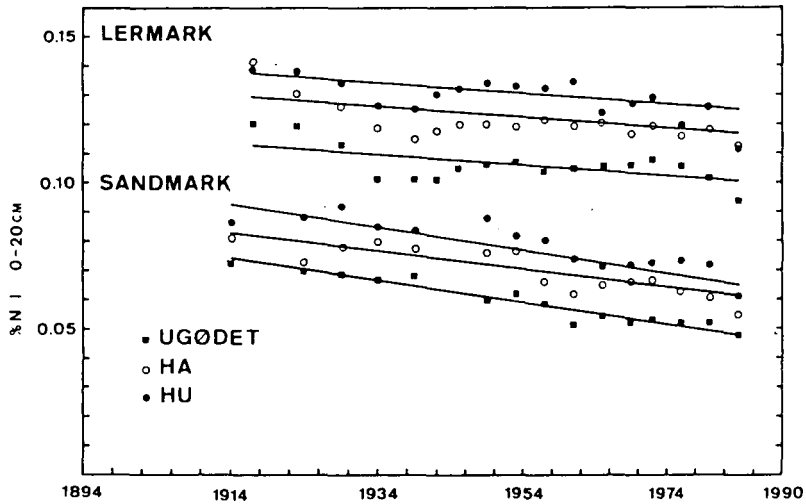
- ikke testet.

9.2 Jordbundskemi

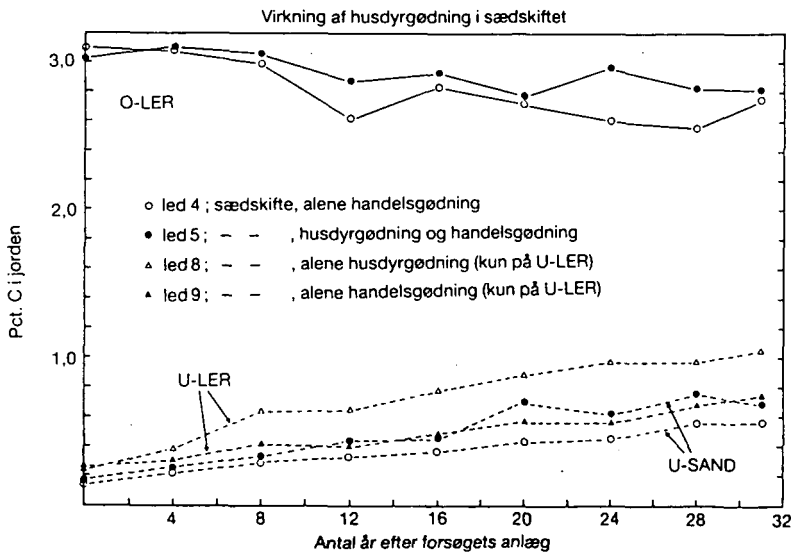
9.2.1 Jordens indhold af organisk stof (humus)

Udviklingen i indholdet af organisk stof i jorden i de langvarige gødningsforsøg er vist i fig. 24. De anførte værdier er gennemsnit af de fire forsøg anlagt på sandjord (Askov sandmark) og på lerjord (Askov lermark). I forhold til ugødet har anvendelsen af husdyrgødning givet anledning til et højere N-indhold i jorden. Den tidsmæssige udvikling i jordens N-indhold i de tre behandlinger ses at være næsten ens, idet niveauet i jordens N-indhold ses at udvise samme svage fald. Niveauet ved anvendelse af handelsgødning ligger mellem de ugødede og de husdyrgødede led.

Fig. 24 viser udviklingen i C-indholdet i et 30-årigt rammeforsøg, hvor der blev anvendt tre jordtyper (O-LER = overjord (JB4) udtaget fra et areal, der havde været i vedvarende græs i en lang årrække; U-LER = undergrunds-ler-



Figur 24. Udviklingen i jordens N-indhold i perioden 1912/14 til 1984 i de langvarige gødningsforsøg på sand- og lermark (anlagt 1894). Gennemsnit af 4 forsøg. Linier angiver resultat af lineær regressionsanalyse (Christensen, 1989).



Figur 25. Virkningen af anvendelse af husdyrgødning i sædskiftet på jordens indhold af C. O-LER = JB4 overjord (0-20 cm); U-LER = undergrundslerjord (20% ler) udtaget i 0,5-1 m dybde; U-SAND = undergrundssandjord (3% ler) udtaget i 0,5-1 m dybde (Christensen, 1988a).

jord (20% ler) udtaget i 0,5-1 m dybde; U-SAND = undergrunds-sandjord (3% ler) udtaget i 0,5-1 m dybde). I forsøget indgik blandt andet et sædskifte (vårsæd/kløvergræs/vintersæd/roer), hvortil der anvendtes handelsgødning og husdyrgødning. Forsøget er beskrevet i detaljer af Christensen (1988a). For overjorden noteredes et svagt fald i C-indholdet, mens der for undergrunds-jordene i alle tilfælde fandtes en stigning i jordens C-indhold.

Tabel 98. Beregnede årlige ændringer i jordens indhold af C og N ved anvendelse af sædskifte (vårsæd/kløvergræs/vintersæd/roer) samt handels- og husdyrgødning (Christensen, 1988a). O-LER = JB4 overjord (0-20 cm); U-LER = undergrunds-lerjord (20% ler) udtaget i 0,5-1 m dybde; U-SAND = undergrunds-sandjord (3% ler) udtaget i 0,5-1 m dybde.

Jordtype	Gødningstilførsel		Beregnet indhold ved		Gns. årlig ændring	
			start	efter 30 år	%	kg/ha ^{*)}
O-LER	Alene handelsgødning	C	3,05	2,59	-0,0153	-474
		N	0,220	0,191	-0,0010	- 31
	Husdyrgødning og handelsgødning	C	3,06	2,81	-0,0082	-254
		N	0,230	0,212	-0,0006	- 19
U-SAND	Alene handelsgødning	C	0,16	0,57	+0,0137	+425
		N	0,014	0,052	+0,0013	+ 40
	Husdyrgødning og handelsgødning	C	0,18	0,76	+0,0193	+598
		N	0,016	0,069	+0,0018	+ 56
U-LER	Alene husdyrgødning	C	0,33	1,09	+0,0256	+794
		N	0,044	0,106	+0,0021	+ 65
	Alene handelsgødning	C	0,24	0,70	+0,0154	+477
		N	0,044	0,064	+0,0007	+ 22

^{*)} Vægt af 0-20 cm jordlag sat til 3100 t/ha (vol. vægt = 1,55 t/m³).

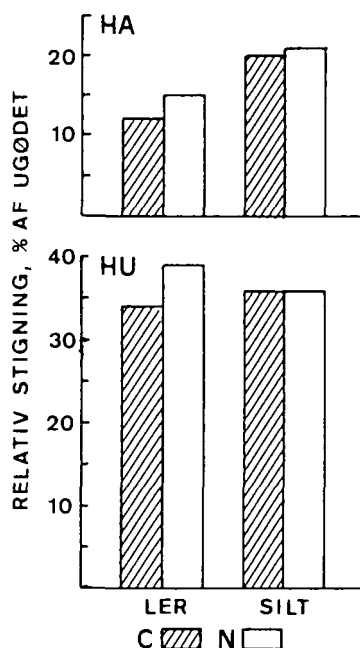
Tabel 98 viser de ved hjælp af lineær regression beregnede ændringer i jordens indhold af C og N i perioden 1956-1986. For O-LER jordens vedkommende reducerede anvendelsen af husdyrgødning det årlige fald i jordens indhold af N fra 31 til 19 kg N pr. ha. På U-LER medførte anvendelse af husdyrgødning, at jordens N-indhold steg med 65 kg N pr. ha pr. år, mens handelsgødning medførte en stigning på 22 kg N pr. ha pr. år. Tilsvarende forhold fandtes for U-SAND jorden.

Tabel 99 viser resultater fra en undersøgelse af det organiske stofindhold i B.2-marken, der udgør et af de fire langvarige gødningsforsøg på lerjord. Undersøgelsen gennemførtes på jordprøver indsamlet efteråret 1984 og havde til formål at undersøge fordelingen af jordens organiske stof på forskellige partikelstørrelsesfraktioner. En sådan opdeling af jordens organiske stof på ler, silt og sand fraktioner har ved tidligere undersøgelser af halmnedmuldnings indflydelse på jordens organiske stofindhold (Christensen, 1986; Christensen & Sørensen, 1985, 1986) vist sig at være nyttig ved nærmere analyse af omsætningen og stabiliseringen af organisk materiale tilført dyrket jord.

Tabel 99. Jordens C-indhold og dets fordeling på ler, silt og sand fraktioner i ugødede (U), handelsgødede (HA) og husdyrgødede (HU) led i B.2-marken. Værdi anført i parentes angiver standardafvigelse. (Christensen, 1988b).

Gødnings- behandling	Ler	Silt	mg C pr. g jord				Ufraktio- neret jord
			Finsand		Grov sand	Sum af fraktioner	
			1	2			
U	6,83 (0,77)	3,48 (0,30)	0,33 (0,15)	0,39 (0,15)	0,38 (0,15)	11,4 (0,7)	11,9 (0,8)
HA	7,67 (0,95)	4,17 (0,25)	0,36 (0,10)	0,47 (0,18)	0,56 (0,24)	13,2 (0,9)	13,6 (1,2)
HU	9,14 (0,91)	4,72 (0,59)	0,34 (0,12)	0,49 (0,16)	0,60 (0,33)	15,3 (1,4)	15,4 (1,4)

Anvendelse af husdyrgødning (led d: 1 1/2 staldgødning) har givet anledning til en stigning i jordens indhold af organisk stof i forhold til ugødet og handelsgødet jord (led r: 1 1/2 handelsgødning) (tabel 99). Det ses desuden, at stigningen har fundet sted i alle partikelfraktioner. Fig. 26 viser stigningen i procent af indholdet i det ugødede led, og herfra fremgår, at for handelsgødningens vedkommende har den relative stigning i siltens indhold af organisk stof



Figur 26. Den relative stigning (i forhold til ugødet) i indholdet af N og C i ler og silt efter tilførsel af handelsgødning eller husdyrgødning (HA = handelsgødning, HU = husdyrgødning). Jordprøver udtaget i 1984 i de langvarige gødningsforsøg (lermark) i B.2-marken (Christensen, 1988b).

været omtrent dobbelt så stor som stigningen i mængden af organisk stof knyttet til lerfraktionen. Anvendelse af husdyrgødning har derimod givet nogenlunde samme stigning i ler- og siltfraktionernes organisk stofindhold. Fra en

række undersøgelser (se referencer og omtale i Christensen, 1985, 1986, 1987; Christensen & Sørensen, 1985, 1986) af alderen, den kemiske sammensætning og den biologiske nedbrydelighed af organisk stof knyttet til forskellige partikelfraktioner fremgår det, at omsætteligheden af lerbundet organisk stof er større end omsætteligheden af organisk stof i siltfraktionen. Med andre ord synes det organiske stof, der er knyttet til ler, at udgøre en mere labil pulje end organisk stof knyttet til silt.

På denne baggrund, og sammenholdt ved resultaterne i fig. 26, giver anvendelsen af husdyrgødning ikke alene en større stigning i jordens totale indhold af organisk stof i forhold til handelsgødning, men det fremgår også, at husdyrgødning giver en mere end dobbelt så stor stigning i den lettere omsættelige organiske stofpulje (lerbunden organisk stof). Da omsætningen af organisk stof i jorden er tæt forbundet med omsætning af N (Christensen & Sørensen, 1986) er disse resultater af betydning for jordens N-mineraliserende evne.

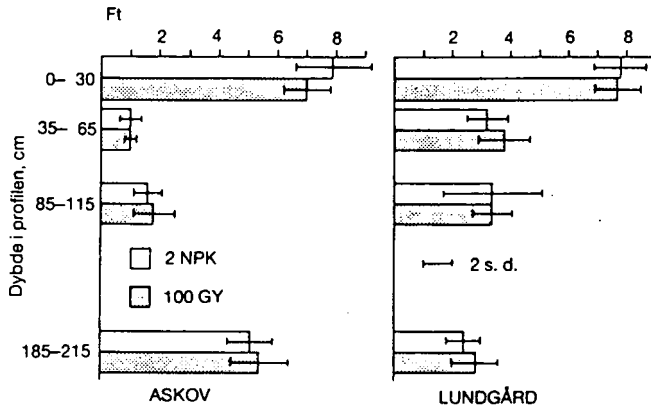
9.2.2 Gylles indflydelse på de dybere jordlag

I perioder med nedadgående vandbevægelse har udenlandske undersøgelser vist, at der ved anvendelse af større mængder gylle kan ske en transport af såvel næringssalte som organiske forbindelser fra pløjelaget til de underliggende jordlag (Comfort et al., 1987; Mattingly et al., 1974; Meek et al., 1974; Steenhuis et al., 1981).

For at undersøge, hvorvidt anvendelse af større mængder kvæggylle påvirkede blandt andet Ft, Kt, C- og N-indholdet i de dybere jordlag, blev der i 1985 udtaget jordprøver ned til 215 cm i belastningsforsøget på Lundgård og Askov. De undersøgte led havde på daværende tidspunkt årligt modtaget 100 t kvæggylle pr. ha i en periode på 11-12 år.

Til sammenligning blev der også udtaget jordprøver i led tilført handelsgødning. Undersøgelsen er beskrevet i detaljer af Christensen et al. (1989), og en beskrivelse af belastningsforsøget er givet af Larsen & Kjellerup (1989).

Såvel Askov som Lundgård jorden havde Ft værdier i området 7 til 8 i det øverste jordlag (fig. 27). Der blev kun fundet ubetydelige forskelle mellem de handelsgødede og husdyrgødede led, hvilket er i overensstemmelse med, at de to led tilførtes samme mængder P i de to gødningsformer. I Askov profilen blev der målt meget lave Ft-værdier i dybderne 35-65 cm og 85-115 cm, mens der i



Figur 27. Ft-værdier i profilerne fra Askov og Lundgård. 2 NPK og 100 GY angiver henholdsvis handels- og gyllegødede led (Christensen et al., 1989).

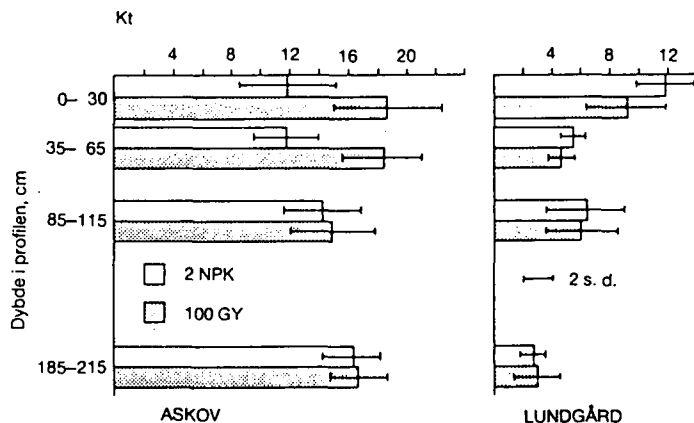
dybden 185-215 cm målt Ft på omkring 5.

Modsat Askov udviste Lundgård profilen stort set samme Ft-værdier i lagene under 0-30 cm, med tendens til et svagt fald med stigende dybde. Det skal anføres, at Ft-værdier primært angiver et mål for den plantetilgængelige P-status i pløjelaget, mens betydningen af Ft-værdier i de dybeste lag er mere usikker.

Fordelingen af Kt-værdier i de forskellige dybder er vist i fig. 28. Selvom der tilførtes samme mængde K med handelsgødning og gylle, udviste Askov profilen efter anvendelse af kvæggylle højere Kt-værdier (18-19) i 0-30 cm og 35-65 cm dybde. Tilsvarende er fundet af Larsen & Kjellerup (1989). Også i lagene 85-115 cm og 185-215 cm målt høje Kt-værdier (14-17), men i disse lag fandtes værdier af samme størrelse efter anvendelse af de to gødningsformer.

Kt-værdierne på Lundgård jorden var generelt lavere, og modsat Askov jorden afveg Kt ikke væsentligt mellem led tilført gylle og handelsgødning. De højeste Kt-værdier (9-12) blev fundet i 0-30 cm laget. I de to underliggende lag faldt Kt til 4-6, og i det nederste lag lå Kt på 3.

De højere Kt-værdier i 0-30 cm og 35-65 cm dybderne ved Askov efter anvendelse af gylle kan skyldes, at planteoptagelsen af K efter gylle var væsentlig mindre end efter anvendelse af handelsgødning. De lavere værdier på Lundgård



Figur 28. Kt-værdier i profilerne fra Askov og Lundgård. 2 NPK og 100 GY angiver henholdsvis handels- og gyllegødede led (Christensen et al., 1989).

kan skyldes en større udvaskning af K på denne grovsandede jord.

Tabel 100 viser indholdet af total-C og total-N i de handelsgødede og husdyrgødede forsøgsled. Indholdet af total-C og total-N faldt med stigende dybde for begge jordtyper og behandlinger. Mens total-C indholdet i 0-30 cm laget var 2,25-2,29% og 1,21-1,44% i henholdsvis Askov og Lundgård profilen, var de tilsvarende indhold i 185-215 cm laget 0,11-0,12% og 0,04-0,05%. Anvendelsen af gylle gav et svagt øget indhold af C og N i dybden 0-30 cm, mens der i de underliggende dybder kun fandtes ubetydelige forskelle mellem handelsgødede og husdyrgødede led.

Der må udfra denne undersøgelse konkluderes, at sammenlignet med anvendelse af handelsgødning gav årlig tilførsel af 100 t kvæggylle pr. ha ikke anledning til betydende og varige forskelle i Ft, Kt, C og N-indholdet i jorden. Undtaget herfra var Askov jorden, hvor tilførsel af gylle gav forhøjede Kt-værdier i 0-30 og 35-65 cm lagene.

Idet den refererede undersøgelse bygger på to prøveindsamlinger (marts og november) og derfor alene belyser, hvorvidt anvendelse af gylle i forhold til handelsgødning har afstedkommet varige og målbare ændringer i jordprofilen, kan temporære ændringer ikke udelukkes.

Tabel 100. Indholdet af total-C og total-N i profiler fra Askov og Lundgård (Christensen et al., 1989).

Dybde, cm	Total-C, ‰		Total-N, ‰	
	2 NPK ^{*)}	100 GY ^{**)}	2 NPK	100 GY
Askov				
0- 30	2,25	2,29	0,163	0,169
35- 65	0,43	0,41	0,042	0,037
85-115	0,19	0,17	0,021	0,022
185-215	0,11	0,12	0,018	0,018
Lundgård				
0- 30	1,21	1,44	0,084	0,096
35- 65	0,40	0,35	0,027	0,028
85-115	0,16	0,15	0,014	0,013
185-215	0,04	0,05	0,007	0,007

^{*)} 2 NPK = handelsgødet led.

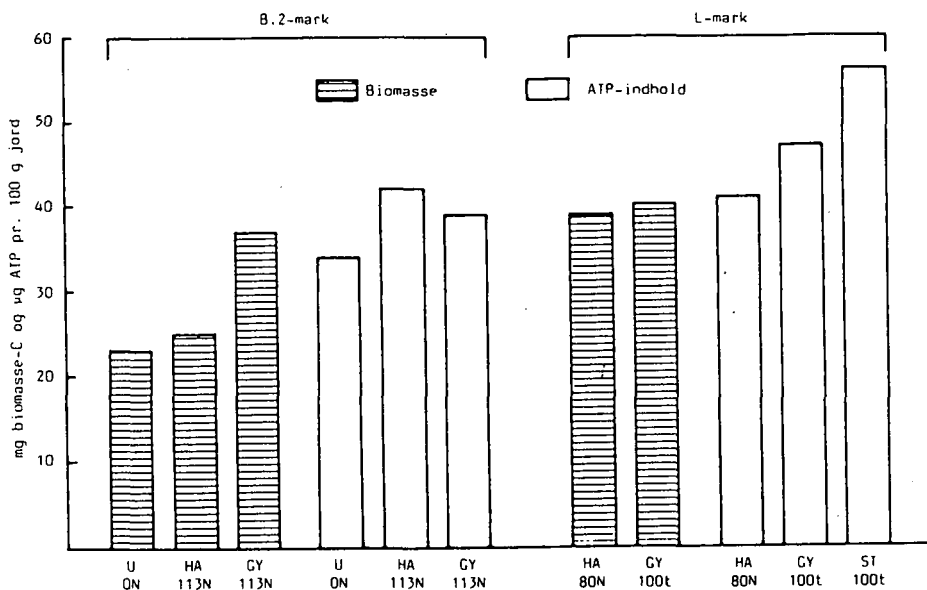
^{**)} 100 GY = led tilført kvæggylle.

9.3 Jordbundsbiologi

9.3.1 Mikrobiel biomasse

Størrelsen og aktiviteten af jordens mikrobielle biomasse er bestemt af Statens Planteavls-Laboratorium, Lyngby, i både L-marken (belastningsforsøg) og i B.2-marken (lermark, langvarigt gødningsforsøg).

Fig. 29 viser den mikrobielle biomasse størrelse og aktivitet i jordprøver udtaget på tre tidspunkter i 1978. Mens der i B.2-marken er fundet en større mikrobiel biomasse efter anvendelse af gylle sammenlignet med ugødet og handelsgødet jord, er der i L-marken ikke fundet forskel mellem størrelsen af biomassen i handelsgødede og husdyrgødede parceller. Ved sammenligning af de to marker ses det, at biomassen i de to led med gylletildeling er stort set ens. På jordprøver udtaget i marts 1985 blev den mikrobielle biomasse i L-marken bestemt til 10,5 og 21,6 mg C pr. 100 g jord i henholdsvis handels- og gyllegødede forsøgsled (Christensen et al., 1989).



Figur 29. Mikrobiel biomasse og ATP-indhold i jordprøver fra ugødet (U), handelsgødet (HA) og husdyrgødet (GY = gylle, ST = staldgødning) jord. Prøven udtaget 1978 (25/4, 15/8 og 3/10) og de anførte værdier er gennemsnit af fælles-parceller og udtagningsstidspunkter. N = kg N/ha/år og t = t gødning/ha/år (Eiland, 1980, 1981a).

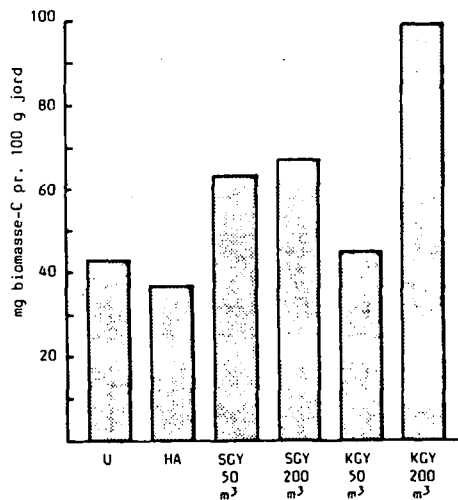
ATP-indholdet i jorden (fig. 29), taget som et udtryk for den mikrobielle biomasses aktivitet på prøveudtagningsstidspunktet, ses i L-marken at være større i husdyrgødede led sammenholdt med det handelsgødede led, mens anvendelse af gylle og handelsgødning i B.2-marken ikke har givet anledning til større forskelle i jordens ATP-indhold. Sammenholdes de to handelsgødede led fra L-mark og B.2-mark ses jordens ATP-indhold at være ens.

Tabel 101 viser den mikrobielle biomasse og jordens ATP-indhold i et langvarigt gødningsforsøg ved Rothamsted, England. I de her citerede undersøgelser har anvendelsen af staldgødning givet anledning til en betydelig stigning i jordens mikrobielle biomasse og i jordens ATP-indhold.

Tabel 101. Den mikrobielle biomasse og ATP-indholdet i jord fra ugødede (U), handelsgødede (HA, 144 kg N/ha/år), og staldgødede (ST, 35 t/ha/år) parceller i Broadbalk Continuous Wheat Experiment, Rothamsted (Brookes et al., 1984^{*)}; Jenkinson & Ladd, 1981^{**}); Jenkinson et al., 1979^{***}).

Gødnings- behandling	Mikrobiel biomasse				ATP indhold
	mg C/100	g jord	mg P/100	g jord	g ATP/g jord
	***)	**)	*)	*)	**)
U	22	21	16	1,9	1,22
HA			19	1,4	
ST	56	52	34	4,2	3,14

Fig. 30 viser resultater fra en irsk undersøgelse af den mikrobielle biomasse i jord med vedvarende græs efter anvendelse af handelsgødning, svinegyl-



Figur 30. Mikrobiel biomasse i jordprøver fra vedvarende græsmark (U = ugødet, HA = handelsgødet, SGY = svinegylle, KGY = kvæggylle, m³ = m³ gødning/ha/år) Irsk undersøgelse, prøver fra forår 1978, pH i jord 5,6 (Adams & Langhlin, 1981).

le og kvæggylle. Mens det ugødede led ses at have næsten samme biomasse som led tilført handelsgødning eller 50 m³ kvæggylle, giver de øvrige husdyrgødede led anledning til en stigning i jordens mikrobielle biomasse.

Tabel 102 viser et skøn over størrelsen af jordens mikrobielle biomasse baseret på jordprøver udtaget i 1980. I tabellen er biomassen udtrykt ved dens indhold af C og N. Anvendelsen af 100 t husdyrgødning pr. ha pr. år gav anledning til en forøgelse af jordens biomasse på gennemsnitlig 170 kg C pr. ha og 26 kg N pr. ha.

Generelt synes anvendelsen af husdyrgødning at give anledning til en større mikrobiel biomasse i jorden, selv om de forskellige undersøgelser antyder en betydelig variation i virkningen af husdyrgødningen. Denne variation hænger formodentlig sammen med forskelle i metode og jordtyper, og med årstidsvariationer.

Tabel 102. Skøn over indholdet af C og N i jordens mikrobielle biomasse (0-20 cm dybde). (Askov, L-mark, prøver indsamlet 20. okt. 1980) (Eiland, 1981b).

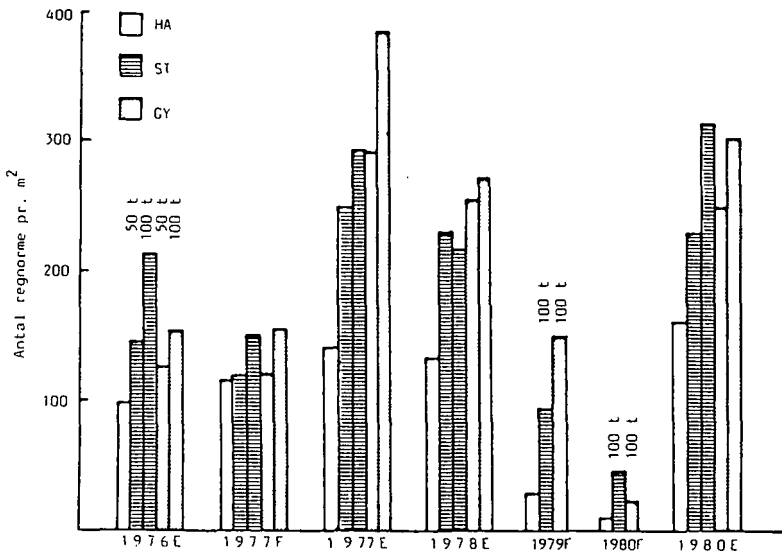
Gødningsbehandling	kg/ha i biomasse	
	C	N
80 kg N i handelsgødning/ha/år	620	93
100 t gylle/ha/år	780	117
100 t fast staldgødning/ha/år	800	120

9.3.2 Regnorme

I perioden fra 1976 til 1980 er der udført målinger af regnorme populationens størrelse og sammensætning i L-marken. Undersøgelserne er udført fra Zoologisk Institut, Landbohøjskolen, der også har udført undersøgelser over andre grupper af jordbundsfaunaen i dette forsøg. Det følgende vil alene omtale resultater fra regnormeundersøgelserne.

Fig. 31 viser antallet af regnorme i jorden på forskellige tidspunkter. Generelt giver anvendelsen af husdyrgødning sammenlignet med handelsgødning anledning til en større regnormepopulation. Selvom anvendelsen af 100 t gødning

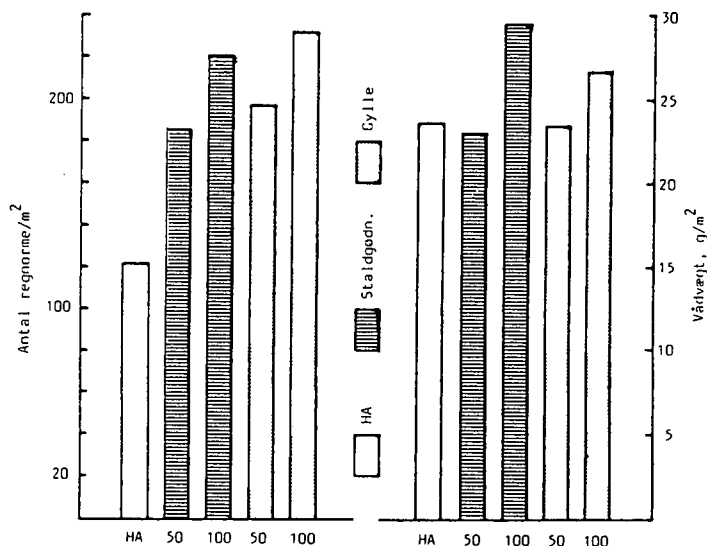
pr. ha pr. år oftest giver det største antal regnorme i jorden, viser fig. 31 en stor variation i regnormepopulationen mellem de forskellige indsamlingstidspunkter. Specielt fandtes populationen ved indsamlingerne i foråret 1979 og 1980 (kun bestemt i led med 100 t gødning pr. ha pr. år) at være meget lille.



Figur 31. Antal regnorme ved forårsindsamling (F) og efterårsindsamling (E) i jord (L-marken) tilført handelsgødning (HA), staldgødning (ST) eller gylle (GY). Værdier anført for 50 t og 100 t husdyrgødning/ha/år, undtagen for 1979F og 1980F (Andersen, 1983).

Fig. 32 viser det gennemsnitlige antal af regnorme og deres vægt i perioden 1976-1978. Det gennemsnitlige antal af regnorme i denne periode var 123 pr. m² i det handelsgødede led. Ved anvendelse af henholdsvis 50 t og 100 t staldgødning pr. ha pr. år var antallet af regnorme 185 og 219 pr. m². Tilsvarende gyllemængder gav 197 og 237 regnorme pr. m².

Sammenlignes antallet af regnorme i de forskellige behandlinger med vægten af ormene (fig. 32), ses vægten af regnorme at være den samme i det handelsgødede led og i led tilført 50 t husdyrgødning, hvilket giver et andet billede af husdyrgødningens indflydelse på regnormepopulationen end antallet

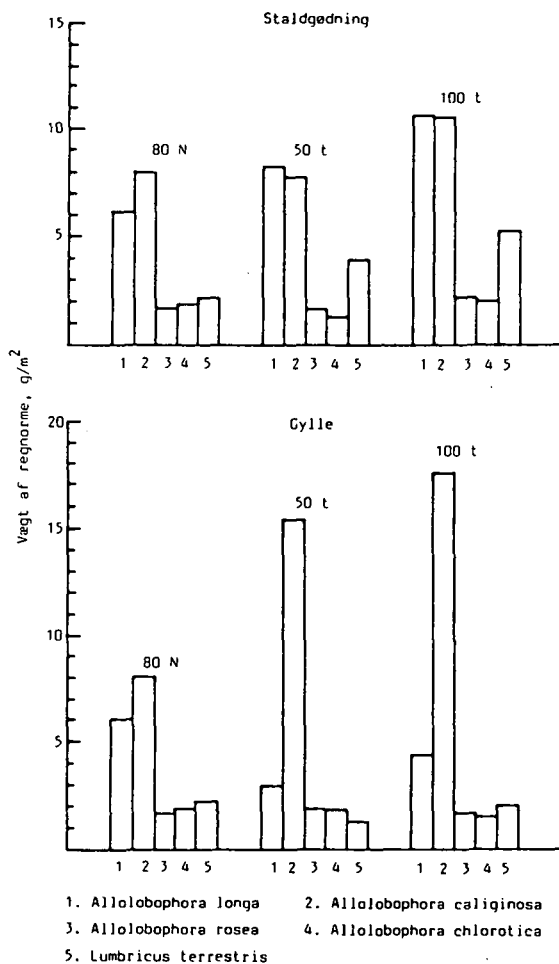


Figur 32. Antal og vådvægt af regnorme efter anvendelse af handelsgødning (HA), staldgødning og gylle (50 og 100 t/ha/år). Anførte værdier er gennemsnit af indsamlingerne i L-marken i perioden 1976-1978 (Ander- sen, 1983).

af orme. Ved anvendelse af 100 t husdyrgødning pr. ha pr. år findes en forøget vådvægt af regnormene.

Fig. 33 viser husdyrgødningens indflydelse på artssammensætningen af regnormepopulationen (indsamlingsperiode efterår 1976 til efterår 1978). Anvendelse af staldgødning gav anledning til en forøgelse af vægten af *Lumbricus terrestris*, og ved 100 t pr. ha pr. år også en forøgelse af *Allolobophora longa* og *A. caliginosa*. Ved anvendelse af gylle ses specielt en stigning i vægten af *A. caliginosa*. For staldgødningens vedkommende var stigningen i regnormepopulationen forholdsvis beskeden sammenholdt med det handelsgødede led, mens tildeling af gylle gav anledning til en større stigning i regnormevægten.

Sammenholdt med handelsgødning giver husdyrgødning anledning til et større antal regnorme i jorden. Den samlede vægt af regnormepopulationen ændres ikke væsentligt ved anvendelse af 50 t husdyrgødning pr. ha pr. år, mens tildeling af 100 t husdyrgødning pr. ha pr. år giver en større vådvægt end handelsgødning. Artssammensætning af regnormepopulationen ændres ved brug af husdyrgød-



Figur 33. Vådvægt af regnorme i jord tilført handelsgødning (80 N = 80 kg N/ha/år) eller husdyrgødning (staldgødning og gylle: 50 t og 100 t/ha/år) (Andersen, 1980).

ning, idet gylleanvendelse giver en stigning i forekomsten af *Allolobophora caliginosa* og en mindre reduktion i mængden af *A. longa*. Staldgødning giver anledning til en større vægt af *Lumbricus terrestris*.

Regnormenes direkte betydning for N-kredsløbet i dyrket jord er blandt andet søgt belyst af O. Christensen (1986). Tabel 103 viser en opgørelse af regnormenes N-bidrag via ekskretion og dødt regnormevæv i handels- og husdyrgødet jord. Den samlede gennemsnitlige tilførsel af N til jorden fra regnorme-

ne blev opgjort til godt 40 kg N pr. ha, når der anvendtes husdyrgødning (50 t staldgødning pr. ha hvert 4. år), mens der ved udeladelse af supplerende gødskning med husdyrgødning blev beregnet værdier på 8-10 kg N pr. ha. Til sammenligning kan anføres, at Andersen (1983) har beregnet regnormenes N-frigørelse ved stofskiftet til 13 kg N pr. ha i belastningsforsøget ved Askov, hvor jorden årligt tilførtes 100 t fast staldgødning pr. ha.

Tabel 103. Regnormes direkte bidrag til N-kredsløbet bestemt ved to lokaliteter (Trustrup og Lisbjerg) beliggende på relativt lerrig jord (O. Christensen, 1986). fv = friskvægt, tv = tørvægt.

	Trustrup	Lisbjerg	
	handels- gødet	handels- gødet	handels- og staldgødet
Ekskretion			
Ekskretionsrate (mg N/g fv/døgn)	0,03	0,03	0,03
Biomasse (g fv/m ²)	25	20	100
Aktivitetsperiode (dage)	150	150	150
Årlig ekskretion (kg N/ha/år)	1,1	0,9	4,5
Dødt regnormevæv:			
N-indhold (% af tv)	9	9	9
Biomasse (g tv/m ²)	5	4	20
Dødt væv (g tv/m ² /år)	10	8	40
Årlig N-tilførsel fra dødt væv (kg N/ha/år)	9,0	7,2	36,0

10. APPENDIX: PRØVEUDTAGNING OG ANALYSE

I forbindelse med anvendelse og dosering af husdyrgødning i marken kan resultater fra prøveudtagning og analyse af husdyrgødning principielt anvendes på to måder. Prøveudtagning og analyse kan finde sted så betids, at resultater foreligger, før gødningen udbringes. Alternativt kan prøveudtagning ske umiddelbart før eller i forbindelse med udbringningen. I sidstnævnte tilfælde vil resultater først foreligge efter udbringning har fundet sted, hvorfor der i forbindelse med udbringning må doseres efter et andet styringssystem. Analyse-resultaterne kan da anvendes ved vurdering af behov for supplerende gødskning med handelsgødning.

Såvel fast som flydende husdyrgødning er heterogene materialer. Et meget centralt spørgsmål ved prøveudtagning og analyse af husdyrgødning er derfor knyttet til de opnåede resultaters repræsentativitet for den foreliggende totale gødningsmængde. Graden af opnåelig homogenisering før prøveudtagning er derfor afgørende for, hvilken anvendelse af analyseresultaterne, der kan finde sted.

10.1 Prøveudtagning

I princippet giver flydende gødninger mulighed for omrøring af hele gødningsmængden, inden prøveudtagning finder sted. I praksis gør indretningen af ajlebeholdere det sjældent muligt at foretage en egentlig homogenisering, hvorimod dette oftest er tilfældet for gyllebeholdere. Det skal imidlertid bemærkes, at specielt for svinegylle kan der ske en afblanding relativt hurtigt efter omrøringen, hvorfor prøveudtagning må finde sted umiddelbart efter at gødningsmængden er omrørt.

For fast gødning er en homogenisering af gødningsmængden sjældent realistisk, idet en sådan vil kræve en stor indsats af maskinel og arbejdskraft, og medføre stor risiko for et betydeligt fordampningstab af ammoniak.

10.1.1 Ajle

Der er sjældent mulighed for at foretage homogenisering af gødningsmængden ved omrøring i ajlebeholdere. En gennemsnitsprøve for den udbragte gødning kan fremkomme ved udtagning af delprøver under udbringningen. Fx kan der udtages

en delprøve på 0,5-1 liter pr. udkørt læs ajle. Delprøverne sammenblandes og en samlet prøve på ca. 2 liter reserveres for analysering. Af hensyn til risiko for tab af ammoniak ved fordampning må håndtering af delprøver, sammenblanding og udtagning af gennemsnitsprøve til analyse og dennes efterfølgende opbevaring ske på en sådan måde, at tabsrisikoen minimeres (fx kan prøverne gøres sure, og tætsluttende låg kan anbringes på prøvebeholdere).

10.1.2 Gylle

Før prøveudtagning omrøres gyllebeholderen fuldstændigt. Tidsrummet for opnåelse af homogenisering afhænger af beholderstørrelse, gyllens beskaffenhed og blandingsudstyret. Gylleprøver kan udtages enten i forbindelse med udkørsel (oppumpning til vogn) eller forud for udkørsel. Prøveudtagning bør ske umiddelbart efter homogenisering. Der udtages 2-4 liter, der overføres til beholder med tætsluttende låg. Såfremt prøven skal opbevares i længere tid, gøres dette bedst ved lav temperatur (fx køleskab).

10.1.3 Fast gødning

Indholdet af plantenæringsstoffer og tørstof kan variere betydeligt i gødningsslageret som følge af varierende halmindhold og forskellig lagringstid. Samtidig kan der ske en afblanding af den til lageret tilførte gødning. Homogenisering af gødningsmængden i lageret er i praksis sjældent gennemførlig, hvorfor der må udtages delprøver under udbringningen af gødningen. Der udtages delprøver fra 20 til 30 læs fordelt over hele udkøringsperioden. Delprøverne sammenblandes omhyggeligt til en gennemsnitsprøve (ca. 5 kg). Håndtering af prøverne må sikre, at tab af ammoniak ved fordampning minimeres. Såfremt gødningsprøven skal opbevares gennem længere tid, bør dette ske ved lav temperatur.

10.2 Analyse

Analysering af gødningsprøvernes indhold af tørstof og næringssalte kan ske ved analyse på laboratorium eller, for N og tørstofs vedkommende, ved anvendelse af udstyr, der sigter på en analyse af gødningen i forbindelse med udbringningen, og som ikke kræver specielt uddannet personales medvirken (herefter kaldet hurtigmetoder).

For begge typer af metoder gælder det, at den faktisk analyserede prøvemængde er lille i forhold til den indsamlede prøve. En forudsætning for et godt analyseresultat er derfor, at den analyserede prøvemængde er repræsentativ for den indsamlede gennemsnitsprøve, hvorfor en meget omhyggelig homogenisering af gennemsnitsprøven er af afgørende betydning. For flydende gødning er dette muligt ved almindelig omrøring, såfremt det sikres, at der ikke tabes betydende mængder ammoniak herved. For fast gødning vil en egentlig vådformaling af prøven være nødvendig. En vådformaling vil kunne ske ved anvendelse af blender eller kødhakkemaskine.

10.2.1 Analyse ved laboratorium

Den indsamlede gødningsprøve kan fremsendes til laboratorier, der foretager analyse for fx tørstof, total-N, ammonium, total-P og total-K. Idet bestemmelsen af ammoniumindholdet i gødningen vil være defineret af den anvendte metode, påkalder denne analyse sig særlig opmærksomhed.

Den ved Askov Forsøgsstation anvendte metode er opbygget således, at det fundne indhold af ammonium stort set svarer til virkningen af N i handelsgødning, såfremt husdyrgødningen udbringes om foråret og nedarbejdes i jorden umiddelbart efter udbringning. Indtil sommeren 1987 foretoges langt hovedparten af analyser på husdyrgødning ved Askov Forsøgsstation. På grund af en stærkt stigende interesse for analyser af husdyrgødning, og idet forsøgsstationens laboratorium primært sigter på at betjene forsøgsstationen i forbindelse med gennemførelse af forsøg, er opgaven overgået til private laboratorier.

10.2.2 Hurtigmetoder

Ved analysering af flydende husdyrgødning (og måske også fast gødning) i forbindelse med udbringningen kan omtales to metoder. Det drejer sig om Agros måleren, der bestemmer gødningens ammoniumindhold, og om en flydevægt, der bestemmer den flydende gødnings tørstofindhold. Begge metoder er blevet afprøvet ved Askov Forsøgsstation (Kjellerup, 1986).

Agros måleren giver et godt mål for ammoniumindholdet i gylle, idet der er fundet god overensstemmelse med laboratorieanalysen ($R^2 = 0,94$, $n = 128$). Agros måleren angiver direkte indholdet af ammonium i kg N pr. m^3 gylle, og undersøgelser ved Landskontoret for Planteavl har vist, at tidsforbruget ved en

enkelt analyse er ca. 5-7 min. (inklusive udpakning, rengøring og sammenpakning af måleren). Idet sammenhængen mellem indhold af ammonium og total-N indhold i gylle er fundet at være rimelig (korrelationskoefficienten $R^2 = 0,81$ for kvæggylle, $n = 486$, og $R^2 = 0,84$ for svinegylle, $n = 339$ (Kjellerup, 1986)), kan der med Agros måleren også opnås et skøn over total-N indholdet i "normal" gylle.

Flydevægtmetoden sigter på at bestemme gyllens indhold af tørstof og på denne baggrund vurdere indholdet af næringsstoffer i gødningen. Kjellerup (1986) har vist god overensstemmelse mellem tørstofindhold bestemt ved flydevægt og analyse i laboratorium ($R^2 = 0,91$, $n = 59$). Gylles tørstofindhold i relation til indhold af næringsstoffer er vist i tabel 104.

Tabel 104. Korrelation mellem indhold af tørstof og næringsstoffer i gylle (Kjellerup, 1986).

Korrelation mellem tørstof og	R^2 værdier	
	Kvæggylle	Svinegylle
Total-N	0,65	0,63
Ammonium	0,30	0,37
Total-P	0,50	0,74
Total-K	0,42	0,31

De opnåede sammenhænge er ikke retlinede og er opnået på et stort materiale, hvorfor der også findes et antal prøver med meget store afvigelser.

Sammenhængen mellem indhold af ammonium, total-P og total-K er mindre god ($R^2 < 0,49$).

Det kan derfor konkluderes, at med hensyn til hurtigmetoder giver Agros måleren et godt udtryk for flydende husdyrgødnings indhold af ammonium. Det er derimod ikke muligt med de to nævnte hurtigmetoder at få bestemt indholdet af de øvrige næringsstoffer med tilstrækkelig sikkerhed. For flydevægtmetodens vedkommende opnåedes for svinegylle en korrelationskoefficient mellem total-P og tørstof på 0,74, men dette anses ikke for tilstrækkeligt. Endelig skal det nævnes, at Agros måleren ikke er afprøvet med hensyn til anvendelse ved bestemmelse af indholdet af ammonium i fast gødning.

11. REFERENCER

- Adams, T. McM. & Laughlin, R. J. 1981. The effects of agronomy on the carbon and nitrogen contained in the soil biomass. *J. Agric. Sci.* 97, 319-327.
- Andersen, N. C. 1980. The influence of farmyard manure and slurry on the earthworm population (Lumbricidae) in arable soil. I Red. D. L. Dindal: Soil Biology as Related to Land Use Practises, Proc. VIIth Int. Soil Zool. Coll, EPA, Washington DC, p. 325-334.
- Andersen, N. C. 1983. Nitrogen turnover by earthworms in arable plots treated with farmyard manure and slurry. Kap. 11 i Red. J. E. Satchell: Earthworm Ecology. Chapman & Hall, London.
- Asman, W. A. H., Drukker, B. & Janssen, J. J. 1988. Modelled historical concentrations and depositions of ammonia and ammonium in Europe. *Atm. Environ.* 22, 725-737.
- Baadsgaard, A. 1987. Svinegylle til vintersæd i vækstperioden. *Tidsskr. Plan-teavl* 91, 223-227.
- Baadsgaard, A. 1989. Svinegylle til vårraps før såning og i vækstperioden. *Tidsskr. Planteavl* 93, 157-164.
- 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 Red. A. Dam Kofoed et al.: Efficient Land Use of Sludge and Manure. Elsevier Applied Publishers, London & New York, p. 37-46.
- Brink, N., Gustavsson, S. & Ulén, B. 1983. Yttransport av växtnäring från stallgödsled åker. *Ekohydrologi* 13, 3-14.
- Brookes, P. C., Powlson, D. S. & Jenkinson, D. S. 1984. Phosphorus in the soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 16, 169-175.
- Buijsman, E., Maas, H. F. M. & Asman, W. A. H. 1987. Anthropogenic NH₃ emissions in Europe. *Atm. Environ.* 21, 1009-1022.
- Cass, G. R., Gharib, S., Peterson, M., & Tilden, J. W. 1982. The origin of ammonia emissions to the atmosphere in an urban area. Open File Report 82-6, Environmental Quality Laboratory California Institute of Technology Pasadena, California 91125, USA.
- Christensen, B. T. 1985. Carbon and nitrogen in particle size fractions isolated from Danish arable soils by ultrasonic dispersion and gravity-sedimentation. *Acta Agric. Scand.* 35, 175-187.

- Christensen, B. T. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in macro-aggregates and particle size separates. *J. Soil Sci.* 37, 125-135.
- Christensen, B. T. 1987. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field soils with straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19, 429-435.
- Christensen, B. T. 1988a. Sædskiftets indflydelse på jordens indhold af organisk stof I. Forsøg i rammeanlæg med halmnedmuldning og anvendelse af staldgødning, 1956-1986. *Tidsskr. Planteavl* 92, 295-305.
- Christensen, B. T. 1988b. Effects of animal manure and mineral fertilizer on the total carbon and nitrogen contents of soil size fractions. *Biol. Fertil. Soils* 5, 304-307.
- Christensen, B. T. 1989. Askov 1894-1989: Research on animal manure and mineral fertilizers. *Missouri Agric. Exp. Sta., Res. Bull.*, i trykken.
- Christensen, B. T. & Sørensen, L. H. 1985. The distribution of native and labelled carbon between soil particle size fractions isolated from longterm incubation experiments. *J. Soil Sci.* 36, 219-229.
- Christensen, B. T. & Sørensen, L. H. 1986. Nitrogen in particle size fractions of soils incubated for five years with ^{15}N -ammonium and ^{14}C -hemicellulose. *J. Soil Sci.* 37, 241-247.
- Christensen, B. T., Eiland, F. & Lind, A.-M. 1989. Kvæggylles indflydelse på kemiske og mikrobiologiske parametre i profiler fra en sandblandet lerjord og en grovsandet jord. *Tidsskr. Planteavl* 93, 165-175.
- Christensen, O. 1986. Regnormes effekt på kvælstofmineralisering i dyrket jord. *Ugeskr. Jordbrug* 131, 159-164.
- Colborne, G. J. N. & Staines, S. J. 1985. Soil erosion in Sommerset. *J. Agric. Sci., Cambr.* 104, 107-112.
- Comfort, S. D., Motavalli, P. P., Kelling, K. A. & Converse, J. C. 1987. Soil profile N, P and K changes from injected liquid dairy manure or broadcast fertilizer. *Transactions ASAE* 30, 1364-1369.
- Danmarks Statistik: Landbrugsstatistik fl. årgange.
- Denmead, O. T., Freney, J. R. & Simpson, J. R. 1976. A closed ammonia cycle within a plant canopy. *Soil Biol. Biochem.* 8, 161-164.
- Denmead, O. T., Simpson, J. R. & Freney, J. R. 1974. Ammonia flux into the atmosphere from a grazed pasture. *Science* 185, 609-610.

- Eiland, F. 1980. The effects of manure and NPK-fertilizers on the soil microorganisms in a Danish long-term field experiment. Tidsskr. Planteavl 84, 447-454.
- Eiland, F. 1981a. The effects of high doses of slurry and farmyard manure on microorganisms in soil. Tidsskr. Planteavl 85, 145-152.
- Eiland, F. 1981b. Organic manure in relation to microbiological activity in soil. Proc. 16th Coll. Int. Potash Institute: Agricultural Yield Potentials in Continental Climates. Bern, p. 137-146.
- Hoff, J. D., Nelson, D. W. & Sutton, A. L. 1981. Ammonia volatilization from liquid pig manure applied to cropland. J. Environ. Qual. 10, 90-95.
- Håndbog for Plantedyrkning 1989. Landbrugets Informationskontor.
- Iversen, K. 1924. Undersøgelser vedrørende ajlens opbevaring. Tidsskr. Planteavl 31, 149-168.
- Iversen, K. 1937. Forskellige opbevarings- og udførselstider for staldgødning 1929-35. Tidsskr. Planteavl 42, 471-518.
- Iversen, K. 1943a. Staldgødningens og kunstgødningens kvælstof, fosforsyre og kaliumvirkning. Tidsskr. Planteavl 47, 1-93.
- Iversen, K. 1943b. Staldgødningens vinter-opbevaring. Åbent møddingsted og møddinghus. Tidsskr. Planteavl 47, 651-667.
- Iversen, K. 1944. Forskellig udførselstid for ajle 1929-41. Tidsskr. Planteavl 48, 337-357.
- Iversen, K. 1949. Forsøg med staldgødningens opbevaring og anvendelse 1936-46. Tidsskr. Planteavl 52, 69-110.
- Jenkinson, D. S. & Ladd, J. N. 1981. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. Kap. 10 i Red. E. A. Paul & J. N. Ladd: Soil Biochemistry vol. 5. Marcel Dekker Inc., New York & Basel.
- Jenkinson, D. S., Davidson, S. A. & Powlson, D. S. 1979. Adenosine triphosphate and microbial biomass in soil. Soil Biol. Biochem. 11, 521-527.
- Kirchmann, J. 1985. Losses, plant uptake and utilization of manure nitrogen during a production cycle. Acta Agric. Scand. Suppl. 24, 1-77.
- Kjellerup, V. 1985. Kvælstofvirkning af gylle. Bilag til Statens Planteavlsmøde 1985, 62-66.
- Kjellerup, V. 1985. Stoffer der hæmmer N-tab fra efterårs- og vinterudbragt husdyrgødning. Det kgl. danske Landhusholdningsselskab. Alt det nyeste 1985, 11-15.

- Kjellerup, V. 1986. Agros Nitrogen Meter for estimation of ammoniumnitrogen in slurry and liquid manure. I Red. A. Dam Kofoed et al.: Efficient Land Use of Sludge and Manure. Elsevier Applied Science Publishers, London & New York, p. 216-223.
- Kjellerup, V. 1987. Gylle og inhibitorer. Grøn Viden 8, 1987.
- Kjellerup, V. 1987. Nitrogen effect of slurry mixed with nitrification inhibitors. Lysimeter and field experiments. 4th international CIEC symposium, Braunshweig 1987. Red. E. Welte & I. Szabolcs, p. 143-148.
- Kjellerup, V. & Klausen, P. S. 1975. Gyllens indhold af plantenæringsstoffer. Statens Planteavlsforsøg. Meddelelse nr. 1212.
- Klausen, P. S. & Nemming, O. 1982. Udbringningstider for svinegødning til byg. Tidsskr. Planteavl 86, 189-192.
- Klausner, S. D., Zwerman, P. J. & Ellis, D. F. 1976. Nitrogen and phosphorus losses from winter disposal of manure. J. Environ. Qual. 5, 47-49.
- Kofoed, N. & Hansen, B. 1989. Slutrapport fra NPO-projekt 1.5, Miljøstyrelsen, København. Under udarbejdelse.
- Kofoed, A. D. & Kjellerup, V. 1984. Tungmetalindhold i husdyrgødning. Tidsskr. Planteavl 88, 349-352.
- Kofoed, A. D. & Klausen, P. S. 1964. Forsøg med stigende mængder kvælstof til staldgødet og ikke staldgødet jord. Tidsskr. Planteavl 68, 23-58.
- Kofoed, A. D. & Klausen, P. S. 1983. Gødningsvirkningen af afgasset og ikke afgasset gylle. Tidsskr. Planteavl 87, 119-128.
- Kruse, M., ApSimon, H. M. & Bell, J. N. B. 1989. Validity and uncertainty in the calculation of an emission inventory for ammonia arising from agriculture in Great Britain. Environ. Pollution 56, 237-257.
- Larsen, K. E. 1986. Fertilizer value of anaerobic treated cattle and pig slurry to barley and beet. I Red. A. Dam Kofoed et al.: Efficient Land Use of Sludge and Manure. Elsevier Applied Science Publishers, London & New York, p. 56-60.
- Larsen, K. E. 1987. Gylle til roer i vækstperioden. Tidsskr. Planteavl 91, 215-222.
- Larsen, K. E. 1989. Kvæggylle til forskellige græsmarksplanter i renbestand. Tidsskr. Planteavl 94, under forberedelse.
- Larsen, K. E. & Keller, P. 1985. Nedfældning af kvæggylle til byg og bederoer. Tidsskr. Planteavl 89, 11-17.

- Larsen, K. E. & Keller, P. 1985. Nedfældning af kvæggylle til græs. Tidsskr. Planteavl 89, 19-24.
- Larsen, K. E. & Kjellerup, V. 1989. Årlig og periodisk tilførsel af kvæggødning i sædskifte. Mark og lysimeterforsøg. Udbytte, udvaskning og balancer for næringsstoffer samt jordbundsforhold. Beretning nr. S1979, Statens Planteavlsforsøg.
- Laursen, B. 1987. Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. Rapport nr. 28.
- Mattingly, G. E. G., Chater, M. & Poulton, P. R. 1974. The Woburn organic manuring experiment II. Soil analyses, 1964-72, with special reference to changes in carbon and nitrogen. Rep. Rothamsted Exp. Sta. 1973, Part 2, 134-151.
- Meek, B. D., MacKenzie, A. J., Donovan, T. J. & Spencer, W. F. 1974. The effect of large applications of manure on movement of nitrate and carbon in an irrigated desert soil. J. Environ. Qual. 3, 253-258.
- Meincke, J. 1979. Nedsivning fra markmødding og ensilagestakke. Tidsskr. Planteavl 83, 441-449.
- Meincke, J. 1985. Kvæggylle til majs i vækstperioden. Tidsskr. Planteavl 89, 25-29.
- Meincke, J. 1986. Kvæggylle til majs. Tidsskr. Planteavl 90, 127-131.
- Meincke, J. 1987. Kvæggylle til industrikartofler. Tidsskr. Planteavl 91, 229-232.
- Miljøstyrelsen 1984. NPO-redegørelsen. Bilag 6-Beregning af ammoniakfordampning fra naturgødning i Danmark. Miljøstyrelsen, København, DK, 201-205.
- Muck, R. E. & Richards, B. K. 1983. Losses of manurial nitrogen in freestall barns. Agric. Wastes 7, 65-79.
- Muck, R. E. & Steenhuis, T. S. 1982. Nitrogen losses from manure storages. Agric. Wastes 4, 41-54.
- Muck, R. E., Guest, R. W. & Richards, B. K. 1984. Effects of manure storage design on nitrogen conservation. Agric. Wastes 10, 205-220.
- Nemming, O. 1976. Husdyrgødning til kløvergræs og rent græs. Tidsskr. Planteavl 80, 239-257.
- Nemming, O. 1982. Stigende mængder fast svinegødning og gylle til byg. Tidsskr. Planteavl 86, 127-132.

- 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.
- Pedersen, S., Takai, J. & Hansen, K. 1987. Ammoniakfordampning fra stalde og lagre. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 4. Miljøstyrelsen, København, DK.
- Ryden, J. C. & McNeill, J. E. 1985. Application of the micrometeorological mass balance method to the determination of ammonia loss from a grazed sward. *J. Sci. Food Agric.* 35, 1297-1310.
- Ryden, J. C., Whitehead, D. C., Lockyer, D. R., Thompson, R. B., Skinner, J. H. & Garwood E. A. 1987. Ammonia emission from grassland and livestock production systems in the UK. *Environ. Pollut.* 48, 173-184.
- Schjønning, P. 1986. Husdyrgødningens indflydelse på jordens fysiske egenskaber. Seminarrapport, NJF-seminar 113.
- Sibbesen, E. 1989. Kvalstof, fosfor og kalium i husdyrgødning i Danmark. Beregnet ud fra tilførsel i foder og bortførsel i animalske produkter. Statens Planteavlsforsøg, i trykken.
- Sommer, S. 1985. Kvalstofkredsløbet via atmosfæren. Miljøstyrelsens Center for Jordøkologi, rapport cj2-85.
- Sommer, S. G. & Christensen, B. T. 1989a. Ammoniakfordampning fra husdyr- og handelsgødning. I Sommer S. G. et al. (eds.): På sporet af atmosfærisk ammoniak. Vand og Miljø 2, 57-58.
- Sommer, S. G. & Christensen, B. T. 1989b. Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbragt på jordoverfladen. *Tidsskr. Planteavl* 93, i trykken.
- Steenhuis, T. S., Bubenzer, G. D., Converse, J. C. & Walter, M. F. 1981. Winter-spread manure nitrogen loss. *Transactions ASAE* 24, 436-339.
- Sønderup, M. & Vilhelm, W. 1987. Analyser af gødningsværdien af minkgødning og minkgylle. Dansk Pelsdyravler forening. Faglig årsberetning 1987.
- Thompson, R. B., Ryden, J. C. & Lockyer, D. R. 1987. Fate of nitrogen in cattle slurry following surface application or injection to grassland. *J. Soil Sci.* 38, 689-700.
- Thomsen, I. K. 1990. Nedmuldning af stigende mængder halm og efterårsudbringning af gylle til vårbyg. *Tidsskr. Planteavl* 94, i trykken.

- Uhlen, G. 1978. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimetres on a cultivated soil. II. Effects of farm yard manure spread on a frozen ground and mixed in the soil on water pollution. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 57, nr. 28.
- Uhlen, G. 1981. Overflateavrenning av næringsstoffer og muligheter for å redusere slik stofftransport. Institutt for Jordkultur, Norges Landbrukshøgskole, Serie B6/81.
- Wedsted. J. & Iversen, K. 1938. Ajlens nedbringning med ajlenedfælder 1933-36. *Tidsskr. Planteavl* 43, 145-158.
- Whitehead, D. C. & Lockyer, D. R. 1987. The influence of the concentration of gaseous ammonia on its uptake by the leaves of italian ryegrass, with and without adequate supply of nitrogen to the roots. *J. Exp. Bot.* 38, 818-827.

Institutter m.v. under Statens Planteavlsvforsøg

Administrationscentret

Statens Planteavlsvkontor, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Informationstjenesten, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Biometri og Informatik, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Bisygdomme, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99

Landbrugscentret

Fagligt Sekretariat, Forsøgsanlæg Foulum, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Statens Forsøgsareal, Bornholm, Rønnevej 1, 3720 Åkirkeby	53 97 53 10
Statens Biavlsvforsøg, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Statens Forsøgsstation, Rønnehave, Hestehave 20, 6400 Sønderborg	74 42 38 97
Statens Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup	98 26 13 99
Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, 4230 Skælskør	53 59 61 14
Afdeling for Grovfoder, Forsøgsanlæg Foulum, 8830 Tjele	86 65 25 00
Statens Forsøgsstation, Vestergade 46, Borris, 6900 Skjern	97 36 62 33
Statens Forsøgsstation, Odesundvej 65, Silstrup, 7700 Thisted	97 92 15 88

Afdeling for Landbrugsplanternes Ernæring, Vejenvej 55, Askov, 6600 Vejen	75 36 02 77
Statens Forsøgsstation, Kongeåvej 90, Lundgård, 6600 Vejen	75 36 01 33
Afdeling for Kulturteknik, Flensborgvej 22, St. Jyndeved, 6360 Tinglev	74 64 83 16
Statens Forsøgsstation, Amdrupvej 22, Ødum, 8370 Hadsten	86 98 92 44
Statens Planteavlsv-Laboratorium, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Centrallaboratoriet, Forsøgsanlæg Foulum, 8830 Tjele	86 65 25 00
Jordbrugsmeteorologisk Tjeneste, Forsøgsanlæg Foulum, 8830 Tjele	86 65 25 00

Havebrugscentret

Institut for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årsløv	65 99 17 66
Institut for Væksthuskulturer, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årsløv	65 99 17 66
Institut for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årsløv	65 99 17 66
Institut for Landskabsplanter, Granlidevej 22, Hornum, 9600 Års	98 66 13 33

Planteværnscentret

Institut for Pesticider, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	42 87 25 10
Botanisk, Virologisk og Zool. Afd. og Oplysningstjen., Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby ..	42 87 25 10
Planteværnsafdelingen i Skejby, Udkærvej 15, Skejby, 8200 Århus N	86 10 30 88
Institut for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Analyselaboratoriet for Pesticider, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00