



# Kvælstof i husdyrgødning

Statusredegørelse og systemanalyse  
vedrørende kvælstofudnyttelsen

Jørgen F. Hansen, Jørgen E. Olesen, Ivan Munk,  
Ulf M. Henius, Jens J. Høy, Søren Rude, Marian Steffensen,  
Torben Huld, Frode Guul-Simonsen, Allan Danfær,  
Sigurd Boisen og Søren A. Mikkelsen

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

Beretning nr. S 2100 - 1990

1.  $\int_0^1 \frac{1}{x^2} dx$

$$= \int_0^1 x^{-2} dx$$

$$= \left[ -x^{-1} \right]_0^1$$

$$= -\frac{1}{1} - \left( -\frac{1}{0} \right)$$



# Kvælstof i husdyrgødning

Statusredegørelse og systemanalyse  
vedrørende kvælstofudnyttelsen

Danmarks JordbrugsForskning  
Biblioteket  
Forskningscenter Flakkebjerg  
4200 Slagelse

Jørgen F. Hansen, Jørgen E. Olesen, Ivan Munk,  
Ulf M. Henius, Jens J. Høy, Søren Rude, Marian Steffensen,  
Torben Huld, Frode Guul-Simonsen, Allan Danfær,  
Sigurd Boisen og Søren A. Mikkelsen



## FORORD

Denne beretning: "Kvælstof i husdyrgødning. Statusredegørelse og systemanalyse vedrørende kvælstofudnyttelsen" er resultatet af arbejdet vinteren 1989/90 i en tværfaglig projektgruppe under Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg.

Beretningen er en let revideret udgave af den rapport, som projektgruppen i april 1990 afgav til Forskningssekretariatet, Landbrugsministeriet.

Beretningen omfatter en gennemgang af hele omsætningskæden fra husdyrgødningens produktion i stalden til planternes udnyttelse af kvælstoffet i marken og påpeger tabsposter for hvert enkelt af leddene i kæden.

Sideløbende hermed er udarbejdet en prototype af en systemmodel på EDB, som sigter på at kvantificere og operationalisere eksisterende viden om omsætningskæden. Formålet med modellen er bl.a., at landbrugets rådgivningstjeneste med tiden skal kunne benytte den til konsekvensberegninger for den enkelte landbrugsbedrift. Systemmodellen er nærmere beskrevet i et appendix, som også omfatter beregningseksempler.

Hovedformålet med arbejdet har været at pege på vigtige områder, som er forskningsmæssigt utilstrækkeligt belyst. Beretningen omfatter derfor anbefalinger m.h.t. forskningsbehov. Det er således håbet, at den bl.a. vil kunne anvendes som en del af grundlaget for den fremtidige prioritering af forskningsindsatsen på jordbrugsområdet, herunder jordbrug/miljø-området.

Forsøgsanlæg Foulum, september 1990

Søren A. Mikkelsen

**INDHOLDSFORTEGNELSE**

	Side
SAMMENFATNING.....	1
SUMMARY.....	7
1. INDLEDNING.....	8
2. BESKRIVELSE AF OMSÆTNINGSKÆDEN FOR HUSDYRGØDNING.....	10
2.1 Foderomsætning og gødningsproduktion.....	10
2.1.1 Foderomsætning.....	10
2.1.2 Fodring og kvælstofomsætning i dyret.....	11
2.1.3 Muligheder for forøget kvælstofudnyttelse.....	14
2.1.4 Gødningsproduktion.....	15
2.2 Gødningsomsætning i stald.....	18
2.2.1 Omsætningsprocesser i gødningen.....	18
2.2.2 Fordampningen af ammoniak.....	21
2.2.3 Ammoniaktab fra stalde.....	22
2.2.4 Målinger af ammoniaktab i stalde.....	22
2.2.5 Behov for forskning.....	24
2.3 Gødningslagring og -behandling.....	24
2.3.1 Lagring.....	24
2.3.2 Ammoniaktab under lagring.....	25
2.3.3 Muligheder for at reducere tab ved ammoniakfor- dampning.....	26
2.3.4 Behandlet gylle.....	28
2.3.5 Behov for forskning, metodeudvikling m.v.....	28
2.4 Udbringning.....	29
2.4.1 Fast staldgødning.....	31
2.4.2 Ajle og gylle.....	34
2.4.3 Tab fra dyr på græs.....	39
2.4.4 Muligheder for at reducere fordampningstabet af kvælstof.....	39
2.4.5 Behov for forskning, udstyrs- og metodeudvikling	40
2.5 Kvælstofomsætning i jord, kvælstofudnyttelse i planteproduktionen og kvælstoftab.....	41
2.5.1 Kvælstofomsætning i dyrket jord og tilførsel af husdyrgødning.....	41
2.5.2 Husdyrgødning som kvælstofgødning.....	42
2.5.3 Husdyrgødningens eftervirkning.....	50
2.5.4 Kvælstoftab ved nedvaskning.....	52
2.5.5 Denitrifikation.....	56
2.5.6 Ammoniakfordampning fra planter.....	58
2.5.7 Muligheder for optimal kvælstofudnyttelse og reduktion af tab.....	58
2.5.8 Behov for forskning og udvikling.....	60
3. SYSTEMBESKRIVELSE OG SYSTEMMODEL.....	63
3.1 Systembeskrivelse.....	63
3.1.1 Formål.....	63
3.1.2 Hovedprincip.....	63
3.1.3 Grundmodel.....	63
3.1.4 Parametertyper.....	64
3.1.5 Systemstruktur.....	65
3.2 Systemmodel.....	70
3.2.1 Anvendelse.....	70
3.2.2 Data- og videngrundlag.....	70
3.2.3 Prototype.....	70

3.2.4 Beregningseksempel.....	71
4. ØKONOMISKE VURDERINGER.....	76
5. IGANGVÆRENDE FORSKNINGSPROGRAMMER.....	79
6. ANBEFALINGER M.H.T. FREMTIDIG INDSATS.....	81
7. REFERENCER.....	84
APPENDIX.....	87

### Oversigt over tabeller

2.1.1 Kvælstofudnyttelsesprocenter hos kvæg.....	13
2.1.2 Kvælstofudnyttelsesprocenter hos svin.....	13
2.1.3 Model til beregning af mængde og sammensætning af husdyrgødning.....	16
2.1.4 Husdyrgødning ab lager og efterladt på marken under afgræsning. Mængder og næringsstofindhold opgjort på landsplan for 1989.....	17
2.1.5 Total-balance for næringsstoffer i husdyrgødningsproduktionen ab dyr i Danmark 1987/88.....	18
2.4.1 Ammoniakafgang fra fast staldgødning, målt som tab i procent af tilført totalkvælstof.....	34
2.4.2 Ammoniaktab fra svinegyde på jordoverfladen.....	37
2.4.3 Gødningsvirkning ved fortynding af gylle til græs.....	38
2.4.4 Tab af gødningsværdi i procent ved nedharvning af ajle i forhold til nedpløjning straks.....	38
2.5.1 Erstatningsværdien af total-kvælstof i husdyrgødning udbragt i forskellige måneder til forskellige afgrødetyper.....	49
2.5.2 Eftervirkning i byg og rug af 40 t fast staldgødning udbragt til roer forud for kornafgrøderne.....	50
2.5.3 Eftervirkning efter årlig tilførsel af handelsgødning og kvæggødning til samme areal gennem 12 år.....	51
2.5.4 Klimafaktorernes betydning belyst ved nedvaskning efter udbringning af husdyrgødning (gylle) på forskellige tidspunkter.....	53
2.5.5 Afgrødedækkets betydning ved nedvaskning efter anvendelse af husdyrgødning (gylle).....	54
2.5.6 Kvælstoftilførselens betydning for kvælstofnedvaskningen på lerjord ved tilførsel af husdyrgødning (gylle).....	55
2.5.7 Foreløbigt skøn over denitrifikation på arealer med tilførsel af husdyrgødning under danske forhold.....	57

### Oversigt over figurer

2.4.1 Typisk spreddebillede for fast staldgødning på tværs af kørselsretningen. "God spreder".....	32
2.4.2 Typisk spreddebillede for fast staldgødning på langs af kørselsretningen. "God spreder".....	32
2.4.3 Typisk spreddebillede for fast staldgødning på tværs af kørselsretningen. "Dårlig spreder".....	33
2.4.4 Typisk spreddebillede for fast staldgødning på langs af kørselsretningen. "Dårlig spreder".....	33
2.5.1 Skematisk diagram over omsætningen af N i rodzonen....	43
2.5.2 Afgrødernes udbytte og kvælstofoptagelse ved stigende kvælstoftilførsel med handelsgødning.....	48





## **SAMMENFATNING**

En tværfaglig projektgruppe under Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg har i denne statusrapport sammenstillet sin viden og sine forskningsmæssige erfaringer om udnyttelse af kvælstoffet i husdyrgødning. Formålet har dels været at afdække behov for forskning og udvikling, dels at beskrive og påbegynde udvikling af en systemmodel på EDB, der kan benyttes i det fremtidige arbejde, og endelig at styrke videngrundlaget for igangværende information, vejledning og undervisning.

### Anbefalinger

Arbejdets sigte har været at identificere behov og muligheder for en fremtidig indsats, der kan øge effektiviteten i den samlede omsætningskæde. Dermed skal mest mulig af husdyrgødningens indhold af næringsstoffer bevares og udnyttes inden for kredsløbet, således at der samtidig tilgodeses både miljømæssige og landbrugsøkonomiske aspekter.

Gennemgangen af de enkelte led i omsætningskæden viser, at der stadig hersker stor usikkerhed om de forskellige tabsposters størrelse, men variationsbredden tyder også på, at der er muligheder for væsentlige forbedringer.

Det er tydeliggjort, at der ligger store muligheder - men samtidig praktiske problemer i forbedring af kvælstofudnyttelsen i marken. Derfor er der bl.a. behov for fremgangsmåder, der sikrer god tilpasning af udbringningstidspunkt og -mængde til afgrødens vækststadium og de eksisterende klimaforhold. Dette forudsætter imidlertid både mere viden om det teoretiske grundlag og udvikling af praktisk anvendelig teknologi.

I overensstemmelse hermed anbefaler projektgruppen

- at studier af kvælstofkredsløbet i planternes rodzone, specielt omsætningen af det organiske kvælstof, intensiveres både hvad angår processtudier og ved kvantitative, sammenhængende målinger af optagelse, tab til grundvand og luft samt massebalancer i jorden under markforsøg, og
- at teknologiudviklingen vedrørende udbringning og spredning forstærkes og gennemføres i sammenhæng med udvikling af dyrkningssystemer, som muliggør udbringning til afgrøder i vækst.

For at styrke rådgivningsindsatsen og formindske den eksisterende usikkerhed anbefaler projektgruppen

- at der gennemføres bedre målinger af tab af kvælstof fra stald og lager suppleret med økonomiske og miljømæssige konsekvensanalyser af mulige tabsbegrænsende foranstaltninger, og

- at de nuværende normtal for husdyrgødningens indhold af næringsstoffer revideres og udbygges således, at de i højere grad kan benyttes i forbindelse med varierende fodring og varierende forhold ved gødningshåndtering og lagring.

Projektgruppen peger i den forbindelse på behov for yderligere at styrke såvel videnformidling som forskningsindsats vedrørende bedre udnyttelse af foderprotein.

Både af hensyn til vejledning og demonstration på bedriftsniveau og for at opnå det bedst mulige grundlag for cost-effectiveness analyser og for så præcist og aktuelt som muligt at fastlægge delmål og koordinere forskningen på de enkelte områder anbefaler arbejdsgruppen

- at systemmodellen videreudvikles løbende og udbygges med de nødvendige data og beregningsrutiner,
- at der organisatorisk sikres den nødvendige informationsudveksling og koordination af hele forsknings- og udviklingsindsatsen på området, også i relation til biogasfællesanlægsprogrammet, og
- at informations- og demonstrationsindsatsen over for primærproduktionen fortsættes og styrkes.

#### Sammenfattende videnredegørelse

Udnyttelse og tab af kvælstof i omsætningskæden fra foderudnyttelsen til optagelse i afgrøderne er to sider af samme sag.

Omsætningskæden kan opdeles i følgende procestrin:

- 1) Foderomsætning i dyr og gødningsproduktion
- 2) Gødningsomsætning i stald
- 3) Gødningshåndtering, lagring og behandling inden udbringning
- 4) Udbringning
- 5) Omsætning i jorden
- 6) Optagelse i planterne

De to sidste procestrin hænger dog så tæt sammen, at de må ses under et.

I rapporten vurderes omfanget af tab eller dårlig udnyttelse, de væsentligste årsager og konsekvenser, mulighederne for at formindske tabene og behov for yderligere forskning og udvikling.

Dyrenes udnyttelse af kvælstofindholdet i foderet (foderproteinet) er dels afhængig af proteinindholdet, dels af energiindholdet (foderenhederne). Kvantitative sammenhænge mellem kvælstofudnyttelsen i dyret, i salgsprodukter, i fæces (gødning) og urin for henholdsvis malkekvæg, opdræt og svin er vist i tabeller.

Proteinindholdet i foderet er den faktor, som har størst betydning for kvægets kvælstofudnyttelse. En overfodring med protein på 5-10 % eller mere i forhold til normbehovet øger ikke produktionen

i tilvækst og mælk tilsvarende, men øger derimod det procentvise kvælstoftab gennem urin.

Kvælstofudnyttelsen kan forbedres

- for kvægs vedkommende gennem bedre pasning, anvendelse af nyt proteinvurderingssystem, samt foderteknologi, hvor proteinet beskyttes mod nedbrydning i vommen, og
- for svins vedkommende ved bedre justering af foderets aminosyresammensætning, afstemt reduktion af foderprotein i forhold til væksten og forøgelse af den daglige tilvækst.

Eventuelle ulemper ved dette er ikke vurderet.

Ved de efterfølgende procestrin, indtil kvælstoffet er bundet i jorden, forekommer et væsentligt fordampningstab af ammoniak. Dette er afhængig af koncentrationen af opløst fri ammoniak, fordampningsoverfladens størrelse og luftbevægelsen i overfladen samt pH, temperatur, tørstofindhold, kemisk og mikrobiel omsætning m.v.

Efter gødningsudskillelsen fra dyrene omdannes urinstoffet til ammonium. Desuden begynder der i stalden en mikrobiologisk nedbrydning af fedtstoffer, proteiner, kulhydrater m.v. i gødningen. Denne nedbrydning kan ske med ilttilgang eller under iltfrie forhold. Evt. sammenblandes urin og fæces til gylle, eller urin og gødningssaft opsuges i strøelse.

Målinger i Danmark og udlandet viser, at der er store variationer i fordampningen fra stalde. Kvælstoftabet reduceres ved hurtig tømningsfrekvens til lageret.

Gødningen omdannes fortsat under lagerperioden ved mikrobiel aktivitet. Hertil kommer mekaniske processer, såsom omrøring eller rundpumpning. Processerne har især indflydelse på pH og viskositet samt forholdet mellem ammonium og organisk bundet kvælstof.

Kvælstoftabet er muligvis størst fra fast staldgødning. Fra ajle vil tabet kunne blive betragteligt, såfremt der ikke er tætsluttende låg på ajlebeholderen.

Fordampningstab fra gyllebeholdere formindskes bl.a. når luftbevægelser i lageroverfladen forhindres, f.eks. på grund af flydelag eller anden overdækning. Endvidere nedsættes fordampningstab, når gylle tilledes lagerbeholderens bund i stedet for til toppen, når der anvendes lagerbeholdere med stor dybde i forhold til overflade, og når pH og temperatur under lagringen er lavest mulig.

Kompostering giver anledning til meget store kvælstoftab. Biogasproduktion kan have positiv eller negativ indflydelse på kvælstoftabet, afhængig af anlæg og procesforløb.

Hvis de mikrobielle omdannelser fører til, at en større del af kvælstoffet findes som ammonium, vil dette kunne øge planternes

kvælstofudnyttelse i udbringningsåret forudsat, at ammoniakfordampningen ikke øges under udbringning.

Som "officielle" normtal for produktion af husdyrgødning og plantenæringsstofferne heri, både hvad angår ab dyr og ab lager, har hidtil været benyttet angivelserne i rapport nr. 28 fra Statens Jordbrugsøkonomiske Institut (Laursen, 1987). Der foreligger nu nye forsøgsresultater m.v., som gør det aktuelt at revidere disse normtal.

Ud- og nedbringningen har indflydelse på kvælstofudnyttelsen p.g.a. tab ved ammoniakfordampning og p.g.a. ringere gødningsudnyttelse, såfremt fordelingen er ujævn og gødskningen ikke optimal.

For fast staldgødning kan der være store variationer i spredningen både på tværs af køreretningen og på langs af køreretningen. Fordampningstabet kan være stort såfremt gødningen ikke nedbringes hurtigt, afhængig af klimaomstændighederne. Ved umiddelbar, effektiv nedpløjning reduceres tabet mærkbart.

For gylles vedkommende påvirkes spredningen af mange faktorer. Forudgående omrøring er nødvendig af hensyn til jævn fordeling, men medfører et, formodentligt begrænset, fordampningstab. Viskositeten har stor betydning for (uønsket) separation i tanken under udbringningen, men også for doseringsnøjagtigheden. Kun få spredere på markedet har en variationskoefficient på under 20 % i tværretningen. Variationen på langs vil normalt være mindre, men hvor gyllen har tendens til at separere i gyllevognen, kan den blive meget stor.

Fordampningstabet under henliggetiden på marken afhænger bl.a. af pH, tørstofindhold og klimaforhold (temperatur, vind, nedbør). Når henliggetiden er under 6 timer, er der målt tab under 5 % af ammoniumkvælstoffet ved lav temperatur (3-7 °C) og under 10 % ved højere temperatur (7-16 °C). Når henliggetiden er lang vil ammonium, som ikke er sivet ned i jorden, fordampe. I disse tilfælde spiller gyllens tørstofindhold, overfladens beskaffenhed, jordstruktur og -type samt plantedækket en meget stor rolle.

Ved udbringning på ubevokset jord bør nedbringningen derfor ske umiddelbart efter spredning. Hård og tilslemmet jord bør løsnes (harves op) forud for spredning. Spredningsudstyret må ikke findele gyllen for meget. I afgrøder kan spredningen ske med udlæggere. Spredningen bør ske under kølige og fugtige vejrforhold uden for meget blæst. Direkte nedfældning af flydende gødning reducerer såvel udbringnings- som henliggetab og eliminerer vindpåvirkningen af spredebilledet.

Kvælstofomsætningen i dyrket jord omfatter mange processer, som gensidigt påvirker hinanden. Kvælstoffet omdannes mikrobiologisk til forskellige uorganiske og organiske forbindelser ved både reversible og irreversible processer. Omsætningen påvirkes bl.a. af jordtype, klimaforhold, dyrkningsbetingelser, gødningsform, mængde og udbringningstidspunkt. Det har derfor ikke været muligt

at opstille præcise, kvantitative formler og data for den totale omsætning.

Der findes mange markforsøgsdata for kvælstofoptagelse og afgrødeudbytte og i et vist omfang for nedvaskning bestemt ved lysimeterforsøg. Da forsøgsresultaterne afhænger af forskellige forhold, bl.a. årlige klimavariationer, har det været vanskeligt ud fra de foreliggende forsøgsresultater at generalisere de kvantitative sammenhænge.

Planternes kvælstofoptagelse afhænger direkte af afgrødens art og kvælstoffets tilgængelighed i jorden og desuden indirekte af gødningens art, sammensætning, udbringningstidspunkt, jordtype og klimaforhold, samt de forhold, der i øvrigt har betydning for udbringning og nedsivning.

Afgrøder med lang vækstsæson udnytter husdyrgødningen bedst. Forskellen mellem afgrøderne betyder dog generelt mindre end udbringningstidspunktet. Husdyrgødning udbragt om efteråret udnyttes generelt dårligere. Udbringning om foråret og i begyndelsen af vækstperioden giver den bedste kvælstofudnyttelse.

Der er en del problemer ved at følge en hensigtsmæssig praksis. Bl.a. kan færdsel på marken på visse tidspunkter medføre betydelige strukturskader, ligesom der kan være svidningsrisiko ved udbringning i voksende afgrøder. Hertil kommer spørgsmål som udbringnings- og opbevaringskapacitet af hensyn til udbringning på det klimatiske og planteproduktionsmæssige gunstigste tidspunkt.

Husdyrgødningens kvælstofværdi udtrykkes gennem erstatningsværdien. Denne er et udtryk for gødningseffekten af husdyrgødningens kvælstofmængde sammenlignet med handelsgødning. Hertil skal imidlertid lægges husdyrgødningens eftervirkning. Denne er dog begrænset i forhold til 1. års virkningen.

Kvælstofnedvaskningen, der udtrykkes som den nitratmængde pr. areal og tid, som siver fra rodzonen til de underliggende jordlag, er som regel størst, når gødningen udbringes om efteråret, og mindre, når det sker om foråret. Den kan nedsættes betydeligt af længerevarende plantedække, noget afhængig af afgrødens art. Jordtype (sand/ler) og nedbørsmængde har stor betydning, således at nedvaskningen stiger med nedbørsmængden og oftest er størst på sandjord.

Den totale nedvaskning stiger ved stigende kvælstoftilførsel afhængig af afgrødetype og sædskifte. I den totale nedvaskning indgår både virkningen af kvælstoftilførslen samt "baggrundsnedvaskningen", der hidrører fra mineralisering af jordens eget lager af organisk bundet kvælstof. Denne kan udgøre en væsentlig og varierende del af den samlede nedvaskning.

De her omtalte forhold er forklarende beskrevet og illustreret ved tabelopstillinger over forsøgsresultater.

Denitrifikation, hvorved nitrat reduceres til gasformige forbindelser og således giver anledning til kvælstoftab til atmosfæren, foregår når organisk stof og nitrat er til stede i jorden samtidig med at dennes iltindhold er lavt. Ved forsøg er konstateret meget varierende tab pr. ha. Tabet er størst ved store husdyrgødningsmængder i forbindelse med stor nedbørsmængde. På grovsandede jorde er tabet forsvindende, men større på lerjorde.

Størst mulig optagelse og mindst mulig nedvaskning er et spørgsmål om gødning til rette tid, i rette mængder og til rette afgrøder.

#### Systemmodel

Efter gennemgang af husdyrgødningens omsætningskæde er de forskellige omsætningssammenhænge illustreret ved en systemmodel.

De kvantitative sammenhænge fra statusbeskrivelsen suppleret med foreløbige skøn over tabs-, udbytte- og omsætningsværdier og forskellige beregningsformler (bl.a. baseret på fysisk-kemiske og biologiske modeller) er benyttet til at udarbejde et modelprogram for hele systemet. Modelprogrammet kan under bestemte, stærkt begrænsede forudsætninger beskrive kvælstofomsætningen på driftsniveau. Det er benyttet til at gennemregne nogle forenkede situationer (cases) for at illustrere anvendelsen.

Foruden at være en hjælp til at styrke sammenhængen i forskningen, kan modellen i takt med dens forbedring udvikles til et vejledningsværktøj på driftsniveau.

## SUMMARY

The objective of the study was to identify needs and possibilities for future efforts to increase the efficiency of utilization of nitrogen in livestock manure.

Two main topics are covered by the report. Firstly, a review is given of the entire chain of processes from production of manure in the stable to utilization of nitrogen by plants in the field. This review is based on Danish and international literature. Secondly, a description of a prototype of a system analysis model for this chain of processes is given, aiming at a quantification of existing knowledge for use in operational context. The system analysis model has been programmed on a PC.

Five steps were identified in the chain of processes for livestock manure: 1. Feeding and manure production. 2. Manure dynamics in the stable. 3. Manure storage and treatment. 4. Manure application on the field. 5. Nitrogen cycling in soil and uptake by plants.

Possible sources of nitrogen loss in these steps are described and where possible also quantified. Losses in steps 2, 3 and 4 are predominantly due to ammonia volatilization. In step 5 losses occur by leaching and denitrification.

Measurements of ammonia volatilization from stables show large variations. The loss is reduced by frequent transfer of manure to the storage. The loss during storage depends on the type of storage system and the treatment of manure during storage. Use of close-fitting lids on liquid manure (urine) tanks or other types of surface cover for slurry tanks can greatly reduce the loss. Farmyard manure often has a large uncovered surface, which may give rise to a considerable loss by ammonia volatilization. The loss during application in the field depends on a number of circumstances. Ammonia volatilization from surface applied slurry increases with increasing pH, dry matter content, temperature and wind velocity. The utilization by plants is increased and the loss reduced by application immediately before or in the start of the growing period. Application of manure in the autumn can cause large leaching losses, especially when applied to bare soil.

Possibilities for increased nitrogen utilization and reduction of losses are stated, and needs for further research and development are suggested.

The system analysis model was constructed based on the same chain of processes as described above. Each step in the model accounts for: input of nitrogen, loss of nitrogen and remaining nitrogen in the system. In step 5 only uptake of nitrogen by plants was considered. Within the present project it was not possible to include the complicated and dynamical processes in the soil necessary to describe losses from this step. Examples of calculations with this model are also given. The parameters in the model are partly based on research results and partly estimates. The model can be made more detailed as new knowledge arises.

## 1. INDLEDNING

I 1987 iværksattes på initiativ af Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg et 5-årigt handlingsprogram for forskning på området Jordbrug og Miljø. Dette handlingsprogram omfatter bl.a. en række forskningsprojekter vedrørende husdyrgødningens udnyttelse. Tilsvarende gennemføres under Miljøstyrelsens NPO-forskningsprogram, som afsluttes i 1990, en række forskningsprojekter til belysning af husdyrgødningens betydning for nitratudvaskning og ammoniakfordampning.

Omkring årsskiftet 1988/89 iværksatte Landskontoret for Planteavl en aktionsplan for bedre udnyttelse af husdyrgødningens indhold af plantenæringsstoffer. Aktionsplanens målsætning er inden for en 5-årig periode at hæve erstatningsværdien for total-kvælstof i husdyrgødning fra ca. 20 til 40.

Primo 1989 blev der af en arbejdsgruppe under Samrådet udarbejdet et oplæg til "Forsknings- og Udviklingsprogram for en bedre Udnyttelse af Husdyrgødningens Indhold af Plantenæringsstoffer". Oplægget blev efter diskussioner i Samrådets følgegruppe vedrørende Jordbrug og Miljø efterfulgt af en projektbeskrivelse "Statusredegørelse og Systemanalyse for Husdyrgødningens Produktion, Håndtering og Udnyttelse". På dette grundlag bevilgede Landbrugsministeriet 400.000 kr. til projektets gennemførelse i form af en intensiv arbejdsindsats i en tværfaglig projektgruppe efterår/vinter 1989/1990, hvilket har resulteret i nærværende rapport med tilhørende systembeskrivelse på EDB.

De udnyttelses- og miljømæssige problemer omkring husdyrgødningen er i første række knyttet til kvælstofindholdet. Projektgruppen har derfor valgt at fokusere på kvælstoffets "vandring" gennem omsætningskæden fra dyr til planternes optagelse af kvælstof og i første omgang se bort fra fosfor og kalium.

På grundlag af danske og internationale forskningsresultater er det nu muligt at få et tydeligere billede end før af, hvorledes kvælstofomsætningen i husdyrgødningen forløber fra fodring til optagelse i planterne, og dermed også kvælstoftabenes art og mulige årsager. Herved er tilvejebragt et mere præcist grundlag for den videre indsats for en forbedret næringsstofudnyttelse.

Formålet med projektarbejdet har således været at etablere

- en sammenstilling af viden på området, med
- en helhedsorienteret systemanalyse og kvantitativ modelopbygning for hele omsætningskæden af dyr til planteudnyttelse, for
- en påpegning af de svageste led i kæden, og dermed etablering af



- et grundlag for beslutning om iværksættelse af nye og/eller tilretning af igangværende forsknings- og udviklingsaktiviteter.

Den tværfaglige projektgruppe har bestået af:

Frode Guul-Simonsen, Statens Jordbrugstekniske Forsøg  
 Jørgen F. Hansen, Afdeling for Planteernæring og -fysiologi,  
 Askov Forsøgsstation  
 Ulf M. Henius, Teknologisk Institut (fra 1. januar 1990 selv-  
 stændig konsulentvirksomhed)  
 Torben Huld, Statens Byggeforskningsinstitut  
 Jens J. Høy, Landskontoret for Bygninger og Maskiner  
 Søren A. Mikkelsen, Fagligt Sekretariat  
 Ivan Munk, Afdeling for Arealdata og Kortlægning  
 Jørgen E. Olesen, Afdeling for Jordbrugsmeteorologi  
 Søren Rude, Statens Jordbrugsøkonomiske Institut  
 Marian Steffensen, Landskontoret for Planteavl  
 Vibeke Holter, NPO-sekretariatet, Miljøstyrelsen (observatør).

Endvidere har projektgruppen modtaget bidrag fra Allan Danfær og Sigurd Boisen, Statens Husdyrbrugsforsøg, som har udarbejdet afsnittene 2.1.1 og 2.1.2 vedrørende foder- og kvælstofomsætning i husdyr.

Projektarbejdet har omfattet 5 heldagsmøder og et internatophold, samt en del afgrænsede arbejdsgruppemøder.

Rapporten er opbygget således, at der i afsnit 2 foretages en systematisk gennemgang af de enkelte led i omsætningskæden af dyr og til optagelse i planterne i marken. Afsnit 3 omfatter en generel beskrivelse af EDB-systemmodellen, idet den detaljerede opbygning og gennemregning af en række cases er beskrevet i et appendix til rapporten. Afsnit 4 omfatter oversigtlige økonomiske vurderinger. Afsnit 5 er en kort gennemgang af igangværende forskningsprogrammer. Rapporten afsluttes i afsnit 6 med anbefalinger m.h.t. behovet for fremtidig forskningsindsats.

## 2. BESKRIVELSE AF OMSÆTNINGSKÆDEN FOR HUSDYRGØDNING

Husdyrgødningens omsætningskæde kan opdeles i følgende procestrin:

- 1) Foderomsætningen i dyrene og gødningsproduktion
- 2) Gødningshåndtering og omsætning i stald
- 3) Gødningshåndtering, lagring og behandling inden udbringning
- 4) Udbringning på markerne
- 5) Omsætning i jorden og optagelse i afgrøderne

Beskrivelserne i dette afsnit er inddelt i underafsnit svarende til disse procestrin.

Effektiv udnyttelse af kvælstof og reduktion af tab er som regel to sider af samme sag. For hver af disse procestrin er derfor tilstræbt

- at identificere og beskrive de væsentligste forhold, der fører til tab eller dårlig udnyttelse,
- at vurdere årsagerne hertil og til en vis grad konsekvenserne, og
- at vurdere mulighederne for at formindske tabene.

I tilknytning hertil er det desuden søgt at identificere og præcisere behovet for yderligere forskning og udvikling med henblik på den størst mulige udnyttelse af husdyrgødningens kvælstofindhold.

Med henblik på den systemmodel, der redegøres nærmere for i afsnit 3, har arbejdet yderligere omfattet overvejelser over mulighederne for på længere sigt at gøre modellen anvendelig i rådgivningstjenesten.

### 2.1 Foderomsætning og gødningsproduktion

#### 2.1.1 Foderomsætning

Husdyrenes omsætning af foderet resulterer dels i opretholdelse af egne livsfunktioner og egen tilvækst, dels i produktion af salgsprodukter som mælk, æg og afkom og endelig i produktion af fæces og urin.

Landmændene fodrer normalt i henhold til et normforbrug, der beregnes for den enkelte bedrift på grundlag af forudsætninger om besætnings- og fodersammensætning. Normerne er baseret på produktion under "normale" betingelser. På den enkelte bedrift kan det lokale staldmiljø og -klima imidlertid påvirke foderforbruget, f.eks. gennem temperaturen, således at det faktiske foderforbrug afviger fra normerne. Endelig er den enkelte driftsleder og det tekniske udfodringsudstyr af væsentlig betydning for, hvor præcist fodertildelingen foregår. Fodertildelingen kan i praksis variere meget i forhold til normerne.

Niveauet for fodernormerne påvirker naturligvis husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium, og det må derfor anses for vigtigt, at normerne løbende revideres i henhold til den nyeste viden på området. De enkelte fodermidlers næringsindhold er yderligere af betydning for dyrenes gødningsproduktion.

For svin og fjerkræ er foderet generelt ensartet sammensat. Proteinkoncentrationen og dermed kvælstofkoncentrationen i korn kan dog variere noget - bl.a. afhængig af tilførsel af kvælstofgødning. Landmænd, der anvender hjemmeproduceret korn til foder, må således analysere kornet for at få et præcist kendskab til indholdet i det enkelte parti.

For kvægholdet, hvor en stor del af foderet er hjemmeproduceret grovfoder, forekommer der store variationer i fodersammensætningen, afhængig af dyrkningsbetingelserne og dermed afgrødeudbyttet i det enkelte år. Da grovfoder ikke handles, må variationer i forhold til den planlagte produktion udlignes gennem indkøb af korn og kraftfoder samt evt. ved større eller mindre andel af helsædsensilage og ammoniakbehandlet halm. Fodersammensætningens betydning kan imidlertid illustreres af modelberegninger foretaget af Statens Jordbrugsøkonomiske Institut (Olsen og Laursen, 1989) m.h.t. gyllens indhold af kvælstof for forskellige grovfodersystemer. Beregningerne viser, at kvælstofindholdet i gylle varierer fra 5,8 til 8,3 kg pr. ton ab dyr og fra 4,2 til 5,8 kg pr. ton ab lager afhængig af fodersystem. I forhold til opstaldning hele året reduceres mængden af husdyrgødning ab lager ved sommerafgræsning, idet dyrene efterlader en del af gødningen på marken.

### 2.1.2 Fodring og kvælstofomsætning i dyret

#### Kvæg

Foderets kvælstofindhold (proteinindhold) er den mest afgørende faktor for kvælstofmængden i fast staldgødning og urin ab dyr. Fordøjeligheden af råprotein (FK = fordøjelighedskoefficienten) bestemmes som

$$FK = \frac{\text{kvælstof i foder} - \text{kvælstof i fast staldgødning}}{\text{kvælstof i foder}}$$

Det vil sige, at kvælstofmængden i fast staldgødning kan beregnes, når foderets råproteinmængde og fordøjeligheden er kendte. Fordøjelighedskoefficienten beregnet efter den angivne formel er imidlertid kun tilsyneladende, idet staldgødningen foruden ufordøjeligt foderprotein også indeholder kvælstof af dyrets egen oprindelse, dels i fordøjelsessekreter m.m. og dels i mikrobielle rester. Den sande fordøjelighed vil således altid være højere end den tilsyneladende fordøjelighed, som imidlertid øges med stigende proteinmængde i foderet. Den tilsyneladende fordøjelighedskoefficient (FK) kan beregnes efter formlen

$$FK = 0.93 - 30/X, \text{ hvor } X = \text{g råprotein pr. kg fodertørstof.}$$

Proteinets fordøjelighed falder lidt med stigende foderniveau. Der er dog i de efterfølgende beregninger set bort fra denne nedgang, hvis størrelse bl.a. afhænger af foderets sammensætning.

Kvælstofmængden i urin er den vanskeligste post at bestemme eksperimentelt. Det beregnes derfor som differens i henhold til

$$N_{\text{foder}} = N_{\text{mælk}} + N_{\text{tilvækst}} + N_{\text{staldgødning}} + N_{\text{urin}}$$

Kvælstofudskillelsen med urin øges generelt med et stigende forhold mellem protein og energi i foderet. Udskillelse og aflejring af protein i form af mælk og kød har også betydning for udskillelsen i urin, men med stigende mælkeydelse øges katabolismen af aminosyrer, og hovedparten af det overskydende kvælstof udskilles i urinen. En høj mælkeydelse er således ikke ensbetydende med en lav kvælstofmængde i urinen.

Der er ingen kvælstofudskillelse af betydning med vom- og tarmluft. Ved normalt pH i fordøjelseskanalen er næsten alt ammoniumkvælstof på ionform og derfor ikke flygtigt. Der findes ca. 7 % atmosfærisk kvælstof i vomgas, men dette hidrører primært fra tilblending af atmosfærisk luft og ikke fra foderet eller dyret.

Proteinaflejringen i forbindelse med drægtighed omfatter aflejring i selve fosteret, i fosterhinder og fostervand samt i livmoderen (børen).

Tilvæksten (kg/dag) påvirkes især af den energimængde, der optages med foderet og i langt mindre grad af foderets proteinmængde, så længe dette ikke er væsentligt under normen. Det samme gælder for den aflejrede proteinmængde, hvilket vil sige, at tilvækstens proteinindhold er meget lidt afhængig af proteintilførslen med foderet - i hvert fald inden for det variationsområde, der normalt ses i praksis.

Mælkeydelsen øges med stigende proteinmængde i foderet under forudsætning af, at energioptagelsen er tilstrækkelig. For store racer er mælkenes proteinindhold i gennemsnit ca. 34 g/kg svarende til 5.3 g kvælstof pr. kg mælk.

Det fremgår af ovenstående, at foderets proteinmængde er den mest betydende enkeltfaktor for kvælstofudnyttelsen. Dyrenes produktion af mælk og tilvækst har også betydning, idet en højere produktion alt andet lige vil medføre et lavere kvælstoftab med fast staldgødning og urin. Men alt andet er ikke lige. En højere produktion er inden for visse grænser betinget af en øget proteintildeling med foderet, men en overfodring med protein på 5-10 % eller mere i forhold til "normbehovet" vil ikke øge produktionen tilsvarende, men derimod kvælstofindholdet i fast staldgødning og urin. Der er ikke en enkel sammenhæng mellem foderets proteinmængde og f.eks. mælkeproduktionens størrelse. Foderrationens kemiske sammensætning i øvrigt har indflydelse på denne sammenhæng p.g.a. vekselvirkninger mellem aminosyrer og andre næringsstoffer i fordøjelsesprocesserne og i dyrenes stofskifte.

Beregninger over kvælstofudnyttelsen hos kvæg stemmer godt overens med angivelser i en rapport om kvælstof- og fosforbalancer ved kvæg og svinehold (Koefoed og Hansen, 1990). Her er fundet følgende værdier:

Tabel 2.1.1. Kvælstofudnyttelsesprocenter hos kvæg (Koefoed og Hansen, 1990).

	Malkekøer		Opdræt		Ungtyre
	let	tung	let	tung	
N i tilvækst m.m	1 %	1 %	13 %	12 %	21 %
N i mælk	20 %	19 %	-	-	-
N i fæces	32 %	31 %	} 87 %	88%	37 %
N i urin	47 %	48 %			42 %

Virkingen af fodermængde og kvælstofmængde pr. foderenhed er illustreret i appendix under procestrin 1.

### Svin

Kvælstofforbruget ved svineproduktion beregnes på grundlag af foderforbruget (antal foderenheder) og anbefalet proteinindhold (g fordøjeligt råprotein/foderenhed) ved de forskellige produktionsforhold. Proteinets fordøjelighed antages i alle tilfælde at være på ca. 80 %, således at kvælstofudskillelsen i fast staldgødning bliver på ca. 20 % af kvælstofforbruget. Aflejret protein (kvælstof) beregnes på grundlag af målinger fra mange forskellige forsøg udført af Statens Husdyrbrugsforsøg.

Kvælstofudskillelsen med urinen beregnes som en differens således:

$$N_{\text{urin}} = N_{\text{foder}} - (N_{\text{aflejret}} + N_{\text{staldgødning}}).$$

Ved beregning af kvælstofudnyttelsen generelt kan tilnærmet benyttes de i tabel 2.1.2 angivne værdier.

Tabel 2.1.2. Kvælstofudnyttelsesprocenter hos svin.

		Normal	Normal 1)
		kvælstof- fodring	kvælstof- fodring x 1,15
Arso incl. 20 smågrise (4 uger)	Tilvækst	20 %	18 %
	Fæces	20 %	17 %
	Urin	60 %	65 %
Slagtesvin	Tilvækst	33 %	29 %
	Fæces	20 %	17 %
	Urin	47 %	54 %

1) Ved "normal kvælstof-fodring x 1,15" er kvælstof-indholdet i

### 2.1.3 Muligheder for forøget kvælstofudnyttelse

#### Kvæg

1. Generelt ved bedre pasning og fodring (større effektivitet).
2. Et nyt proteinvurderingssystem, der er taget i anvendelse i de senere år bør i princippet medføre en bedre N-udnyttelse (Hvelplund and Madsen, 1990).
3. Ny foderteknologi, hvor proteinet beskyttes mod nedbrydning i vommen og derefter hydrolyseres og optages i tyndtarmen. Har tidligere været anvendt i praksis (formalinbehandling), men er nu forbudt.
4. Stærkt N-gødet græs bør opfodres sammen med energirige (sukker og stivelsesrige) foderemner. Dette er dog hvad danske landmænd almindeligvis gør allerede. Herunder er der behov for at vurdere proteinindhold og -sammensætning i græs i relation til kvælstofgødsningen med hensyn til kvælstofudnyttelsen i dyret.
5. For det enkelte dyr ved at fodre mindre intensivt med såvel energi som protein. Udnyttelsesprocenten stiger dog meget langsomt i forhold til faldet i produktionen. Skal mælkeproduktionen opretholdes, kræves der flere køer, hvilket nok samlet vil resultere i den modsatte virkning.

#### Svin

Kvælstofindholdet i fast staldgødning kan reduceres ved at forbedre foderstoffernes fordøjelighed. I praksis varierer fordøjeligheden fra 60 % til 95 % imellem forskellige foderstofftyper, og 10-20 % imellem forskellige partier af foderstoffer - somme tider mere. Mulighederne for en reduktion her er dog ret begrænsede.

Kvælstofindholdet i urinen kan derimod reduceres på forskellige måder:

1. En bedre justering af foderproteinets aminosyresammensætning i forhold til behovene for de enkelte aminosyrer.
2. En bedre afstemt reduktion af foderproteinet i forhold til det reducerede behov under væksten.
3. En reduktion af tabet til vedligeholdelsesprocesserne ved at øge den daglige tilvækst og dermed reducere vækstperiodens længde.

Til dette kan knyttes følgende bemærkninger:

I normale blandinger er sammensætningen ikke optimal. Justering foretaget med renfremstillede aminosyrer, og forudgående in vitro fordøjelighedsbestemmelser af de enkelte foderpartier vil kunne sikre mod underforsyning med aminosyrer. Hurtigere vækst kan endelig opnås gennem avlsforbedringer og ved anvendelse af vækstfremmere (f.eks. væksthormon m.m.).

#### 2.1.4 Gødningsproduktion

##### Normtal

Husdyrgødningsproduktionen på den enkelte bedrift opgøres oftest ved hjælp af normtal for det enkelte dyrs produktion.

De nuværende normtal for produktionen af gødning og plantenæringsstofindholdet i husdyrgødning bygger på rapport nr. 28 fra Statens Jordbrugsøkonomiske Institut (Laursen, 1987), som er resultatet af en bredt sammensat arbejdsgruppes arbejde. Tabel 2.1.3 er opbygget efter den beregningsmetode, som ligger til grund for opgørelserne i nævnte rapport. Ved disse blev taget udgangspunkt i de på daværende tidspunkt nyeste resultater fra balanceforsøg, hvor de kendte (målte) størrelser var gødningsmængde med næringsstofindhold ab dyr (under forudsætning af tilført normeret fodermængde). Også næringsstofindholdet i mælk, æg og optaget foder var kendt, hvorefter indholdet i foster og tilvækst kunne beregnes som en residual.

Det har vist sig, at en sådan afstemning i flere tilfælde fører til en urealistisk høj værdi for indholdet af kvælstof i tilvæksten. Dette tyder på, at kvælstofindholdet i fast staldgødning og urin ab dyr er større end vist i rapport nr. 28 (Laursen, 1987).

I normtalsberegningerne er der som det primære formål foretaget opgørelser af gødningsmængder og næringsstofmængder ab lager. Sammenholdt med foreliggende måleresultater synes det beregnede indhold af plantenæringsstoffer i gødningen ab lager nogenlunde rimeligt. Det tyder på, at kvælstoftabet i stald og lager er større end beregnet efter de måleresultater, der ligger til grund for normtallene i rapport nr. 28 (Laursen, 1987). Måling af stald- og lagertab samt næringsstofindholdet ab lager er imidlertid behæftet med stor usikkerhed, jvf. afsnit 2.2 og 2.3, ligesom disse kan være bestemt under forhold, hvor fodringen afveg fra normerne.

Tallene i tabel 2.1.3 gælder for malkekøer af tung race i bindestald, men en tilsvarende opgørelse kan foretages for flere dyrearter under forskellige opstaldningsforhold. De med X markerede rubrikker angiver de størrelser, der i første række er usikkerhed omkring. Rubrikkerne vil kunne udfyldes, når der foreligger nye oplysninger om næringsstofaflejring i tilvækst og kvælstoftab i stald og lager.

**Tabel 2.1.3.** Model til beregning af mængde og sammensætning af husdyrgødning.  
 Eksempel: Malkekøer, tung race. Enhed: 1 årsko. Fodersammensætning: Roer og græs.  
 Staldsystem og lagerkapacitet til gødning: Bindestald, fast staldgødning og ajle eller gylle, lagerkapacitet til 6 måneder. Dyr på stald hele året.

	Tør- stof	Mæng- de	N	P	K
<b>Foder optaget</b>	kg/år	FE/år	kg/år	kg/år	kg/år
Genfundet	ts. %	t/år	kg/år	kg/år	kg/år
Mælk, 4 %		6,30	34,3	6,3	9,5
Foster		x	x	x	x
Tilvækst		x	x	x	x
Æg					
Fast staldgødning ab dyr	15,3	9,68	x	x	x
Urin ab dyr	2,5	5,93	x	x	x
<b>Videre omsætning</b>	ts. %	t/år	kg/år	kg/år	kg/år
<b>Gødning ab stald og lager:</b>					
Fast staldgødning ab dyr	15,3	9,68	x	x	x
+ strøelse	85,0	0,55	3,0	0,4	7,9
+ foderrester	21,5	0,20	1,0	0,1	1,0
+ opsuget vand og urin	2,2	1,10	8,4	0	10,5
- N-fordampning i stald			x		
FAST STALDGØDNING AB STALD	17,5	11,53	x	x	x
- N-fordampning i lager		} 1,15	x		
- bortsivningstab			5,3	0,4	11,4
FAST STALDGØDNING AB LAGER	18,1	10,38	(57,1)	(13,4)	(40,2)
Urin ab dyr	2,5	5,93	x	0	x
+ vandspild fra drikkevent.		0,73			
+ vaskevand		0,50			
- opsuget i gødn. og strøelse	2,2	1,10	8,4	0	10,5
- N-fordampning i stald			x		
AJLE AB STALD	2,0	6,06	x	0	x
- N-fordampning i lager			x		
+ møgsoft fra møddingsplads	2,7	1,40	5,3	0,4	11,4
+ regnvand fra mødd.plads		1,48			
AJLE AB LAGER	1,8	8,94	(43,5)	(0,4)	(64,2)
Gylle ab dyr	10,4	15,61	x	x	x
+ strøelse	85,0	0,36	2,0	0,2	5,2
+ foderrester	21,5	0,20	1,0	0,1	1,0
+ vandspild fra drikkevent.		0,73			
+ vaskevand		0,50			
- N-fordampning i stald			x		
GYLLE AB STALD	11,3	17,40	x	x	x
- N-fordampning i lager			x		
+ regnvand		1,52			
GYLLE AB LAGER	10,4	18,92	(104,9)	(13,3)	(101,7)

Anm.: Tallene i parantes angiver de af Laursen (1987) fundne værdier ab lager.



### Gødningsproduktion på landsplan

Gødningsproduktionen på landsplan kan opgøres efter flere principper. En landsdækkende beregning af gødnings- og næringsstofmængder ab lager baseret på normtallene i rapport nr. 28 (Laursen, 1987) er vist i tabel 2.1.4.

**Tabel 2.1.4.** Husdyrgødning ab lager og efterladt på marken under afgræsning. Mængder og næringsstofindhold opgjort på landsplan for 1989. (Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, 1989).

	Fast stald- gød- ning	Ajle	Gylle	I alt	N	P	K
		----- mio.	tons	-----	---	mio. kg	
<u>Ab lager:</u>							
Kvæg	4,3	3,7	13,0	21,0	104	16	100
Svin	2,3	3,3	10,5	16,1	91	23	50
Andre husdyr	0,5	0,1	0,0	0,6	8	7	5
<u>I alt</u>	<u>7,1</u>	<u>7,1</u>	<u>23,5</u>	<u>37,7</u>	<u>203</u>	<u>46</u>	<u>155</u>
			Fast gødning + urin i alt		N	P	K
Efterladt på marken ved afgræsning:			3,7		30	4	27

Ved normtalsberegningerne baseres opgørelserne på det enkelte dyrs stofomsætning afhængig af fodring og opstaldningsform, hvorefter der multipliceres med antal dyr ved beregning af de samlede gødnings- og næringsstofmængder.

Ved en anden metode, som bl.a. hidtil er blevet anvendt af Danmarks Statistik, er udgangspunktet næringsstofmængden i den samlede anvendte fodermængde i Danmark. Herfra fratrækkes den mængde næringsstoffer, som indgår i de animalske produkter. Den resterende mængde udskilles i husdyrgødningen som urin og fæces. Ved denne metode har Sibbesen (1990) foretaget den i tabel 2.1.5 viste opgørelse over næringsstoffer i husdyrgødningen ab dyr i Danmark.

Sibbesens tal viser næringsstofmængderne ab dyr og tabel 2.1.4 mængder ab lager, således at en del af den betydelige differens skyldes tab fra stald og lager. Stald og lagertabet kan dog næppe forklare hele forskellen, idet der givetvis ikke sker så store tab af fosfor og kalium som antydtes ved differensen mellem tabellerne. Forskellene i tabelværdierne illustrerer således også usikkerhederne ved opgørelse af husdyrgødningsmængden og næringsstofindholdet heri. M.h.t. kvælstoffordampning fra stalde beregnede Pedersen og Takai (1987) denne til 9.000 +/- 2.000 tons pr. år. De markerer dog, at en forudgående udredning angav fordampningen til 23.000 tons pr. år.

**Tabel 2.1.5.** Total-balance for næringsstoffer i husdyrgødningsproduktionen af dyr i Danmark 1987/88 (efter Sibbesen, 1990).

	N		P		K	
	mio. kg	%	mio. kg	%	mio. kg	%
Tilførsel med foder						
Kraftfoder	283,9	68	46,7	60	87,1	35
Mineralstoffer*)	2,1	0,5	14,4	18	0	0
Grovfoder + strøelse	133,0	32	16,9	22	159,3	65
Foder i alt	419	100	78,0	100	246	100
Bortførsel via animalsk produktion**)	88,0	21	17,6	23	12,5	5
Rest i husdyrgødning***)	331	79	60,4	77	234	95

\*) Foderurea, N-berigelse af halm med ammoniak, foderfosfater.

\*\*) Mælk, æg, hele dyr til slagtning eller destruktion, samt forskydninger i husdyrbestanden.

\*\*\*) Inklusive foderrester og strøelse.

Det kan således konstateres, at der ikke kan gøres fuldt rede for omsætningskæden i stald og lager, og det må konkluderes, at der er behov for en revision af normtallene for husdyrgødning, hvor alle størrelserne i beregningen vurderes i sammenhæng og valideres gennem empiriske undersøgelser. Dette understøttes af Koefoed og Hansen (1990), som har udarbejdet balancemodeller til beregning af mængder af kvælstof og fosfor i husdyrgødning.

Anvendelsen af så rigtige normtal som muligt er af betydning for opgørelser på bedrifts- såvel som på landsplan.

## 2.2 Gødningsomsætning i stald

### 2.2.1 Omsætningsprocesser i gødningen

Da der ikke er principiel forskel på omsætningsprocesserne i gødningen, hvadenten denne befinder sig i stalden eller lagret uden for stalden, er der i det følgende givet en samlet beskrivelse som vedrører både omsætningen i stald (afsnit 2.2) og under lagring (afsnit 2.3).

Efter foderomsætningen i dyrene udskilles de ufordøjede foderrester samt restprodukter fra dyrets stofskifteprocesser med gødningen. Gødningen forlader dyrene som fæces (fast staldgødning) og urin (ajle) undtagen for fjerkræs vedkommende, hvor der inden udskillelsen sker en sammenblanding af fæces og urin. I moderne husdyrproduktion sker der for over halvdelen af kvæg- og svinegødnings vedkommende en sammenblanding af fæces og urin efter udskillelsen fra dyret til gylle (Kjellerup, 1989a).

Ved udskillelse af fæces og urin sker der en hurtig omdannelse af urea i urinen (for fjerkræ af urinsyre) til ammoniak og ammonium. I fæces er kvælstoffet hovedsagelig organisk bundet ved udskillelsen. Fassen og Dijk (1987) anfører, at der kan skelnes mellem tre kvælstoffraktioner i gødning:

- uorganisk kvælstof (ammonium) og hurtigt mineraliserbart kvælstof, f.eks. det ovennævnte urea og urinsyre,
- let mineraliserbart organisk kvælstof med lavt kulstofkvælstof forhold (C/N), dvs. biologisk letomsætteligt stof, f.eks. proteiner og aminosyrer, og
- "stabilt", langsomt mineraliserbart organisk kvælstof med højt C/N forhold.

Derudover indeholder gødning også let nedbrydelige kvælstoffrie organiske forbindelser, f.eks. fedt, fede syrer og simple kulhydrater.

I husdyrgødningen foregår de biologiske omsætningsprocesser alt-overvejende ved bakteriers hjælp.

Der skelnes mellem to typer af omsætning, bestemt af, om der er ilt til stede eller ej:

- Aerob omsætning, hvor processerne sker under ilttilgang.
- Anaerob omsætning, hvor omsætningen forløber under iltfrie forhold.

#### Aerob omsætning:

Ved aerob omsætning dannes kuldioxid og vand, ammonium/ammoniak og andre uorganiske næringsstoffer samt varme, og der efterlades et langsomt omsætteligt materiale af stabiliseret organisk stof. Kuldioxidafrigivelsen og produktionen af ammonium vil normalt medføre en pH-stigning i gødningen. Som det senere skal omtales, har pH's størrelse stor betydning for ammoniakfordampningen fra gødningen. Ammonium vil evt. gennem nitrificering kunne omdannes til nitrat under iltrige forhold.

På grund af ammoniakfordampningen under lagringen vil der under den aerobe proces normalt ske en relativ stigning (i forhold til ammonium-kvælstof) i det organisk bundne kvælstofindhold. (Total set falder kvælstofmængden i gødningen som følge af omsætningen og ammoniakfordampningen). Samtidig nedsættes den umiddelbare gødningsvirkning af husdyrgødningens kvælstof. Det beskrevne forhold vil især være tydeligt ved en egentlig kompostering af husdyrgødning.

#### Anaerob omsætning:

Ved den anaerobe proces sker der først en nedbrydning af det organiske stof til forskellige organiske syrer. Herunder kan der

ske et fald i pH. De organiske syrer omsættes videre til slutprodukterne kuldioxid og metan. I biogasproduktionen udnyttes metanen som energikilde.

Desuden dannes ammonium/ammoniak og da der ofte er dårlige fordampningsbetingelser under anaerob omsætning, kan indholdet af plantetilgængeligt kvælstof øges ved den anaerobe proces. Endvidere forhindrer fraværet af ilt nitrificeringsprocesserne, så der ikke kan dannes nitrat-kvælstof under anaerobe forhold.

Proteiner (organisk kvælstof) kan udover ammoniumforbindelser danne sulfider. Heraf kan igen dannes svovlbrinte, en luftart, der er meget giftigt.

Den uomsatte rest ved anaerob omsætning består af stabiliseret (vanskeligere omsætteligt) organisk materiale.

#### Forhold, som påvirker processerne:

I praksis kan aerobe og anaerobe processer forløbe samtidig, men i forskellige områder i et gødningslager.

I en gyllebeholder og i en ajlebeholder vil omsætningen overvejende være anaerob. I møddinger vil der være anaerobe forhold i det indre af stakken og aerobe forhold i overfladen, især i kegleformede stakke med gødningstilførsel ovenfra. Overvejende aerobe forhold vil eksistere ved kompostering af gødning.

Hvilken omsætning, der sker i gødningen (aerob eller anaerob), afhænger som nævnt af lagringen og gødningens art. Desuden har temperaturen betydning for begge processer.

Omsætningshastigheden stiger med stigende temperatur, ifølge Kolenbrander og Lande Cremer (1967) dog således, at den aerobe proces har højere temperaturmaksimum end den anaerobe proces. I overensstemmelse hermed vil der som regel være højere temperatur i en mødding end i en gyllebeholder.

Kolenbrander og Lande Cremer (1967) giver eksempler på aerob temperaturmaksimum omkring 75 °C og anaerob temperaturmaksimum på omkring 60 °C. Disse maksima blev opnået ved en halmtilsætning til gødningen på 25 %.

Den ydre temperatur har væsentlig betydning for mikroorganismernes aktivitet i gødningen (sommer/vinter), men derudover stiger temperaturen i gødningslagrene som følge af de mikrobiologiske processer i sig selv.

C/N forholdet påvirker normalt den aerobe omsætning således, at der ved lavt C/N forhold sker en netto-mineralisering (frigivelse) af uorganisk kvælstof og ved højt C/N forhold en netto-immobilisering (fastlægning) af kvælstof.

Ved C/N forholdet forstås normalt forholdet mellem total-kulstof og total-kvælstof. Dette forhold synes imidlertid ikke at være et

entydigt udtryk for, hvordan kvælstof og kulstofindholdet i gødning påvirker omsætningen. Kirchmann (1985), har således fundet samme kvælstoffrigørelse ved forskellige C/N forhold.

Oftest antages dog, at C/N forholdet skal være lavere end ca. 20 for, at der sker en netto-mineralisering af kvælstof. Anvendelse af strøleshalm medfører ikke nødvendigvis et højere C/N forhold i den faste staldgødning i stalde, hvor fæces og urin adskilles fordi halmen opsuger urin (ajle), som har et meget lavt C/N forhold (Kirchmann, 1985).

### 2.2.2 Fordampningen af ammoniak

I det følgende er givet en kort oversigt over de grundlæggende mekanismer ved ammoniakfordampningen. Disse vil være de samme enten gødningen befinder sig i stalden eller i lageret uden for stalden (eller udbringes) og beskrivelsen vedrører derfor både afsnit 2.2 og afsnit 2.3 (samt afsnit 2.4).

De biologiske og kemiske processer i gødningen medfører dannelse af ammoniak, hvorved der skabes mulighed for et fordampningstab af kvælstof fra husdyrgødningen.

De væsentligste faktorer, som har betydning for ammoniakfordampningen er (Muck og Steenhuis, 1982; Sommer og Christensen, 1989):

- pH (fordampningen stiger med stigende pH)
- temperatur (fordampningen stiger med stigende temperatur)
- koncentrationen af ammoniak
- vindhastigheden ved gødningsoverfladen
- diffusionen af ammoniak til gødningsoverfladen.

pH påvirker ligevægten mellem ammonium og ammoniak, idet stigende pH øger koncentrationen af ammoniak. Temperaturen påvirker reaktionshastigheden og desuden indirekte fordampningshastigheden gennem påvirkning af transporten af ammoniak i gødningen. En stigende koncentration af ammoniak i gødningen øger koncentrationsforskellen mellem gødningen og den omgivende luft og dermed fordampningspotentialiet. Øget vindhastighed ved gødningsoverfladen formindsker et "grænselag" af mere eller mindre "stillestående" ammoniakholdig luft umiddelbart over overfladen. Der findes således et overgangslag over gødningen, hvor ammoniakdamptrykket falder, idet der sker en diffusion væk fra overfladen. Jo kraftigere vind, desto tyndere bliver dette diffusionslag og desto hurtigere fordampes ammoniakken.

I et stillestående gødningslager er transporten af ammoniak til overfladen, hvorfra fordampningen sker, bestemt af diffusionshastigheden i gødningen.

De ovennævnte fordampningsparametre medfører, at der ofte vil være større ammoniakfordampning under aerob end under anaerob omsætning (Kirchmann, 1985). Ved aerob omsætning, f.eks. i overfladen af en

mødning, øges temperaturen mere end ved anaerob omsætning. Desuden er der en større luftudveksling med omgivelserne p.g.a. en forøget "indre" overflade af gødningen (p.g.a. fast staldgødnings struktur), hvorved diffusionsvejen for ammoniak i gødningen nedsættes.

Hertil kommer, at kuldioxydafgivelsen øger pH i gødningen, hvilket som nævnt igen øger omsætningen af ammonium til ammoniak.

### 2.2.3 Ammoniaktab fra stalde

I henhold til ovenstående må der forventes at være sammenhæng mellem staldforholdene og ammoniaktabet.

Der må således forventes større tab fra gødning fordelt på en stor overflade end på en lille overflade og større tab under varme end kolde forhold. Lang henliggetid af gødningen på fast gulv inden udmugning til lager skulle især under varme forhold (f.eks. stor dyretæthed i stalden) bevirke øget fordampning af ammoniak. Teoretisk skulle der også være stort tab fra dybstrøelsesstalde. Erfaringer og undersøgelser fra Statens Jordbrugstekniske Forsøg (Møller, 1989) synes imidlertid ikke at kunne bekræfte dette. Måske bl.a. fordi mængden af strøelse er stor i forhold til gødningen. Herved øges C/N-forholdet selv om halmen opsuger urin (se afsnit 2.2.1) og nettomineraliseringen af kvælstof nedsættes. Endvidere kan den hyppige tilførsel af strøelse ovenpå gødningsmatten eventuelt virke som et fordampningsnedsættende lag.

Ved anvendelse af gyllekældre skulle fordampningstabet være lille fordi gødningen fjernes relativt hurtigt fra stalden og opbevares under køligere og anaerobe forhold og i et tykkere lag end i f.eks. bindestalde.

Endvidere vil en hurtig og effektiv bortledning af ajle i f.eks. bindestalde reducere ammoniakkoncentrationen i den faste staldgødning i stalden og dermed kunne reducere fordampningen.

Der er i øvrigt konstateret større fordampning i de tidsrum, dyrene er i aktivitet (øget varmeproduktion, større luftbevægelse) end i hvile (Oldenburg, 1989).

### 2.2.4 Målinger af ammoniaktab i stalde

Ammoniaktabet er bl.a. målt af Statens Jordbrugstekniske Forsøg (Pedersen og Takai, 1987), hvor forholdet mellem ammoniakproduktionen (tabet) og kuldioxydproduktionen pr. varmeproducerende enhed (dyr) er målt.

En høj ammoniakkoncentration i staldluften er ikke i sig selv udtryk for et stort tab i forhold til gødningsproduktionen. Koncentrationen afhænger af antallet og arten af dyrene i stalden samt af udluftningen fra stalden. Flere dyr pr. staldvolumen vil således forøge ammoniakkoncentrationen i staldluften, men samtidig vil gødningsproduktionen være større.

Derimod kan der være en vis sammenhæng mellem kuldioxydkoncentrationen og ammoniaktabet pr. varmeproducerende enhed (vpe), da disse størrelser har en vis sammenhæng med stofskiftet og dermed gødningsproduktionen. Dog foreligger der ingen præcise data for denne sammenhæng.

Opgørelser af ammoniakfordampningen fra stalde er behæftet med betydelige usikkerheder. Ryden et al. (1987) anfører et fordampningstab på 2-20 % af total-kvælstofindholdet i gødning af dyr fra en kvægbesætning, og Muck og Richards (1983) helt op til 40-60 % af total-kvælstofindholdet i gødningen.

I en svensk undersøgelse (Gustafsson og Mårtensson, 1986) er den samlede ammoniakfordampning fra stalde i Sverige opgjort til ca. 12.500 tons ammoniak pr. år, svarende til ca. 10.000 tons kvælstof +/- 3.000 tons. Beregningerne er udført ved at multiplicere antal dyr med en sammenvejet værdi for ammoniakfordampningen pr. dyr. Eksempelvis er på baggrund af flere resultater anvendt en værdi for svin på 4,7 mg ammoniak/kg svin/time og for kvæg en værdi på 1,9 mg ammoniak/kg dyr/time. Steineck et al. (1989) angiver den samlede kvælstofmængde i husdyrgødning produceret under staldperioden i Sverige til 97.000 tons kvælstof i 1986. Baseret herpå udgør kvælstoffordampningen fra stalde i Sverige ca. 10 % af total-kvælstofindholdet i gødningen.

I Tyskland har Hartung (1988) på basis af litteraturangivelser af ammoniakkoncentrationer i stalde skønsmæssigt beregnet den samlede ammoniakemission fra svinestalde til 35.000 tons svarende til ca. 29.000 tons kvælstof pr. år fra 24,5 mio. svin. De opgivne ammoniakkoncentrationer varierede fra 0,5 til 47 mg ammoniak/m<sup>3</sup> i staldene.

I en hollandsk undersøgelse vedrørende hønsehuse (æglæggende høns) blev der beregnet en ammoniakfordampning fra staldene på 110 g ammoniak/høne/år, når gødningen opbevaredes som gylle under rederne, og 41 g ammoniak/høne/år, når gødningen blev fjernet fra huset 1-2 gange pr. uge (Kroodsma et al., 1988).

I den forannævnte opgørelse af Pedersen og Takai (1987) er den samlede fordampning fra stalde i Danmark opgjort til 9.000 tons kvælstof pr. år +/- 2.000 tons. Baseret på de seneste opgørelser af den samlede kvælstofmængde i gødning af dyr på stald (dvs. excl. tab under afgræsning) (se afsnit 2.1.4) svarer dette fordampningstab til omkring 3 % af totalkvælstoffet.

Den relative usikkerhed på opgørelsen af Pedersen og Takai (1987) må vurderes som stor p.gr.a.

- den anvendte måleteknik,
- anvendelse af normalt til beregning af tab pr varmeproducerende enhed i stedet for faktiske målinger af luftmængder.

Endvidere har det ikke været muligt at sætte værdierne i relation til bestemte staldtyper og stalddriftsforhold.

Der er således generelt, både indenlands og udenlands, knyttet betydelig usikkerhed til opgørelser af ammoniakfordampningen fra stalde.

**Mulighederne for at reducere fordampningstabet** ligger især i enhver foranstaltning, hvorved gødningen hurtigt fjernes fra selve staldrummet.

### **2.2.5 Behov for forskning**

Det er nødvendigt at kunne angive forholdsvis præcise værdier for tabenes størrelse, hvis man skal kunne vurdere disses konsekvenser - dels for miljøet, dels for den videre gødningsomsætning, specielt kvælstofkoncentrationen i gødningen af lager.

For at kunne gøre dette er der behov for:

- 1) Videreudvikling af pålidelig og hurtig teknik til måling af ammoniakkoncentrationen i stalduft og standardisering af måleteknikken.
- 2) Et mere detaljeret datagrundlag for ammoniaktab fra forskellige staldd typer og driftsformer.

Det sidste forudsætter:

- a. gennemgang og systematisk analyse af data i litteraturen, og
- b. eftervisning ved målinger, hvor der samtidig registreres staldindretning, driftsrutiner, besætning, luftmængder og -temperatur.

## **2.3 Gødningslagring og -behandling**

### **2.3.1 Lagring**

Husdyrgødningen lagres enten adskilt i mødding og ajlebeholder eller sammenblandet i gyllebeholder. Endelig lagres en mindre del som dybstrøelse.

Som nævnt i afsnit 2.2.1 vil omsætningen i møddingen og desuden i dybstrøelsen være både aerob (i overfladen) og anaerob (i det indre af lageret), mens omsætningen i gyllebeholdere og ajlebeholdere vil være overvejende anaerob. Vedr. omsætningen i øvrigt og de forhold, som påvirker denne henvises til afsnit 2.2.1.

#### **Gylletanke**

Påfyldes normalt hver eller hveranden dag. Periodevis sker større tilførsler, når gyllekældrene tømmes helt og bagskylles.



Mødding

Ved automatisk udmugning i bindestalde påfyldes 1-2 gange/dag. Dybstrøelse udmuges kun 1-2 gange pr. år, dybstrøelse i svinestalde dog ca. 4 gange pr. år.

Ajle

Ekstern tank fyldes løbende.

**2.3.2 Ammoniaktab under lagring**

I afsnit 2.2.2 er beskrevet de fysiske og kemiske faktorer, som påvirker ammoniakfordampningen.

Ved lagringen har især følgende forhold betydning:

- Lufthastigheden ved overfladen
- Overfladens størrelse i forhold til totalvolumen
- Overfladelagets beskaffenhed (svømmelag i gyllebeholdere)
- Tilførsel af frisk gødning til top eller bund af lager
- Temperatur.

Ved hjælp af modelberegninger undersøgte Muck og Steenhuis (1982) effekten af temperatur, pH, tilført mængde gødning pr. gang, og tilførsel til top eller til bund af lageret på ammoniakfordampningen fra et anaerobt gødningslager.

Ved tilførsel til bunden af lageret var ammoniakfordampningen mindre end 15 % af ammoniakindholdet uanset størrelsen af de øvrige undersøgte faktorer. Dette skyldes formodentlig, at diffusionen af ammoniak op gennem lageret under disse forhold var den begrænsende faktor.

Ved tilførsel til toppen af lageret steg ammoniakfordampningen med stigende temperatur og pH og ved lille tilførsel af frisk gødning pr. gang. I denne situation var diffusionen ikke begrænsende for fordampningen og denne varierede fra 3-60 % af ammoniakindholdet i gødningen afhængig af de øvrige undersøgte faktorer.

Resultaterne af disse beregninger viste god overensstemmelse med målte data.

Foreløbige resultater fra Holland (De Bode, 1988) har vist, at der fra beholdere med svinegylle tabes i størrelsesordenen 2,9 kg kvælstof pr. m<sup>2</sup> pr. år, mens tabet fra beholdere med kvæggylle er 1,5 kg kvælstof pr. m<sup>2</sup> pr. år. Anvendelse af forskellige overdækninger har alle reduceret tabet med ca. 75 %. Resultater fra forsøg ved Askov Forsøgsstation giver omtrent samme værdier som de hollandske.

Tab fra gyllelaguner er undersøgt i USA, hvor man fandt en gennemsnitlig ammoniakfordampning på 25 mg/døgn/m<sup>2</sup> (Miner et al., 1975). Gyllelaguner er dog ikke tilladt i Danmark.

Kirchmann (1985) refererer tab fra møddinger på 10-40 % ved lagringstider på 2-5 måneder. Prøver taget forskellige steder i en møddingsstak viste, at nær overfladen var den totale kvælstofmængde kun 48 % af mængden i stakkens indre, og ammonium udgjorde kun 12 % af den totale kvælstofmængde. I det indre af stakken udgjorde ammonium indtil 71 % af total-kvælstoffet.

I en ældre dansk undersøgelse (Iversen, 1937) fandt man fordampningstab fra møddinger under tag på 3,2-18,3 % af total-kvælstof ved en opbevaringstid varierende fra 33 til 316 dage.

Ammoniaktab fra ajlebeholdere er stærkt afhængig af beholderens afdækning. Iversen (1924) fandt således tab mellem 6 og 49 % over 8 måneder afhængig af ajlebeholderens afdækning.

Specielt for ajle gør sig yderligere et forhold gældende. Kul-dioxid, der dannes ved spaltning af urinstof, har en væsentlig lavere opløselighedskoefficient i vand end ammoniak og fordamper derfor hurtigere (og meget hurtigt ved højere temperatur). Når kuldioxiden fordamper stiger pH og dermed ammoniakfordampnings-hastigheden. Denne mekanisme vil gøre sig stærkt gældende i overfladen.

I en emissionsopgørelse for England antager Kruse et al. (1989), at det samlede tab fra stald og lager udgør ca. 20 % af total-kvælstofindholdet i gødningen. Det anføres, at tabet fra lagre alene måske udgør 5-10 %, men denne vurdering er meget usikker.

I lyset af de vidt forskellige lagringsforhold, som forekommer i praksis, og de få og meget varierende undersøgelsesresultater, der findes på området, er det vanskeligt at angive typiske talstørrelser for ammoniakfordampningen fra gødningslagre i Danmark.

### **2.3.3 Muligheder for at reducere tab ved ammoniakfordampning**

I overensstemmelse med ovenstående kan ammoniaktabet reduceres ved følgende foranstaltninger:

#### Gylle og ajle

- A. Minimering af luftbevægelse i overfladen. Dette opnås f.eks. ved flydelag eller anden form for overdækning i gylletanke.
  - a. I kvæggylle dannes dette naturligt og bør først brydes ved udbringning.
  - b. I svinegylle kan evt. etableres "kunstigt" flydelag, f.eks. ved hjælp af materialer, der kan flyde på overfladen såsom halm og letbeton-klinker.

En dansk undersøgelse (Hansen, 1988) under laboratorieforhold har vist, at tab af ammoniak ved overdækning af gylle med letklinker (Lecanødder) reduceres til under 1/3 allerede ved 20 mm letklinker og til ca. 1/5 ved 100 mm letklinker. Flydelaget skal være udført af letklinker i A-kvalitet (220 kg/m<sup>3</sup>). Metoden har senere været

afprøvet med godt resultat (Statens Jordbrugstekniske Forsøg, 1988).

- B. Reduktion af hastigheden for ammoniumtilførslen fra lagerets indre til overfladen. F.eks. bør frisk gylle ledes til bunden og ikke til overfladen i tanken. Omrøring i gylle og ajlebeholdere bør kun foregå lige før udbringning.
- C. Reduktion af temperatur og pH. Dette kan ske ved en vis solafskærmning, og tilførsel af syre (f.eks. ensilagesaft, der indeholder mælkesyre), eller carbonatfældere (f.eks. calciumchlorid).
- D. Anvendelse af lagerbeholdere med stor dybde i forhold til overfladen.

#### Fast staldgødning

Overfladen og temperaturen i fast staldgødning er ofte ret stor, og derfor vil ammoniaktabet kunne være stort (se afsnit 2.2.2).

Til gengæld udgør ammoniumkvælstoffet kun en mindre del (25-30%) af den samlede kvælstofmængde. En hurtig og løbende udvaskning af opløst ammonium og bortledning med møddingsvandet til ajlebeholdere vil således formindske det totale tab.

En tæt tildækning af møddingsstakken nedsætter lufthastigheden i denne, hvorved fordampningen reduceres. Til gengæld øger det temperaturen og dermed den mikrobielle omsætning af organisk kvælstof til ammonium, og det forhindrer udvaskning og dermed transport af ammonium til ajletanken, hvor tabet er væsentlig mindre.

I ældre danske forsøg (Iversen og Dorph-Petersen, 1949) blev der fundet lidt større fordampningstab fra fast staldgødning anbragt i møddinghus end i åben mødding, henholdsvis 9 % og 7 % af kvælstofindholdet ved opbevaring fra september til april. Forfatterne antager, at årsagen var stærkere udtørring af gødningen i møddingshuset. Dette var konstrueret med tag, men med åbne sider. Til gengæld var afløbet til ajlebeholder 15 % af total-kvælstofindholdet fra den åbne mødding mod 5 % fra den overdækkede.

#### Decentrale lagre

Det kan være hensigtsmæssigt, at udbringe gødningen hurtigt. Under visse omstændigheder vil det derfor være en fordel at flytte en del af lagerkapaciteten væk fra gården og ud på markerne. Transporten kan derved tidsmæssigt udjævnes, ligesom de miljømæssige ulemper af trafikken bliver mindre koncentrerede.

Etableringen af decentrale lagre må være billig, f.eks. i form af såkaldte "gylle-laguner". Dette kræver imidlertid en bedre og sikrere teknologi, end man til dato har rådet over. Gyllelagunerne skal også etableres under hensyn til de samme fordampningsnedsættende foranstaltninger, som er omtalt ovenfor.

### 2.3.4 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. De to behandlingsformer omfatter dog endnu kun en beskedent del af husdyrgødningsmængden. På det seneste er der også vist nogen interesse for "opkoncentreringsbehandlinger" af gylle, f.eks. ved omvendt osmose. Herved udskilles en del af vandet fra gyllen, hvorved koncentrationen af næringsstoffer øges i den tilbageblevne del.

Af andre behandlingsformer kan nævnes kompostering, f.eks. i forbindelse med separation. Ved komposteringen kan der evt. ske en energiudvinding i form af komposteringsvarme.

Fælles for de nævnte behandlingsformer er imidlertid, at den samlede næringsstoffmængde stort set ikke ændres af behandlingerne. Behandlingsformålet er normalt ikke at udnytte næringsstofferne i gødningen, men at ændre gødningen fysisk (f.eks. separation og opkoncentrering) eller kemisk, eller at udnytte den til energiformål (biogasproduktion). De eksisterende behandlingsformer for gylle ændrer derfor 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.

### 2.3.5 Behov for forskning, metodeudvikling m.v.

Der må skelnes mellem følgende tre kategorier af undersøgelser:

- I. Undersøgelser, hvis formål er at få præcise data og klare årsagssammenhænge for tabene og disses størrelse, for at kunne vurdere konsekvenserne dels for miljøet, dels for gødningsomsætningen i de efterfølgende processer. Dette vil væsentligt forbedre datagrundlaget for systemmodellen.
- II. Afprøvning og eftervisning af effekten af forskellige tabsforebyggende foranstaltninger, herunder disses cost/effectiveness.
- III. Teknisk udviklingsarbejde, herunder teknisk/økonomiske analyser.

Under kategori I kan nævnes:

- 1) Videreudvikling af pålidelig og hurtig teknik til måling af ammoniakflux (masse-gennemstrømning). Herunder udvikling, standardisering og interkalibrering af apparatur til kontinuerlige målinger.

- 2) Udvikling og standardisering af hurtige metoder til bestemmelse af næringsstofindholdet i gødning i forbindelse med udbringning. Herunder er især prøveudtagningsstrategi for heterogene blandinger vigtig.
- 3) Eftervisning af de teoretiske ammoniak-fordampnings-modellers gyldighed på typiske danske situationer. Dette kræver løbende, sammenhængende registrering af en række forskellige data (ammoniumkoncentration, kuldioxidkoncentration og pH i den flydende gødning, temperatur, lufthastighed, tilførselsfrekvens og evt. ammoniakkoncentration i gasfasen).

Under kategori II kan nævnes:

- 4) Effekt af korttidsudrødning af gylle.
- 5) Effekt af ensilagesafttilsætning til ajle.
- 6) Effekt af overdækning af møddingsstakke.
- 7) Fortsatte undersøgelser af prisbillige overfladedækninger.
- 8) Konsekvensanalyser ved anvendelse af gyllelaguner, herunder miljø- og sikkerhedsproblemer.

Under kategori III kan nævnes:

- 9) Transportsystemer til fjernlagre.
- 10) Konstruktion af prisbillige fjernlagre.

## 2.4 Udbringning

Følgende deloperationer har betydning for kvælstoftabet:

Fast staldgødning:

Læsning  
Transport  
Dosering  
Spredning  
Nedbringning.

Ajle og gylle:

Omrøring  
Oppumpning  
Transport  
Dosering  
Spredning  
Nedbringning.

Ud- og nedbringningen har indflydelse på kvælstofudnyttelsen af to årsager:

- a. tab som følge af ammoniakfordampning, og

- b. ringere gødningsudnyttelse, såfremt fordelingen er ujævn og gødskningen ikke optimal.

I følge de nyeste danske (Sommer, 1989) og hollandske undersøgelser (Pain et al., 1989) over tab ved spredningen af gylle er tabet fra gyllen forlader spredevognen til den ligger på jorden kun 1-4 %. Det er således tiden efter spredning, som har den største betydning for tabet i forbindelse med udbringningen.

De mekanismer, som principielt påvirker ammoniakfordampningen er omtalt i afsnit 2.2.2. Fordampning efter udbringning af husdyrgødning på jordoverfladen er især betinget af følgende faktorer:

- gødningens pH og tørstofindhold
- klimaforhold, herunder temperatur, vindhastighed og nedbør
- overfladens beskaffenhed, herunder jordtype og vegetationsdække
- henliggetiden inden nedbringning.

Tabet af ammoniak efter udbringning af husdyrgødningen er undersøgt i en række forsøg under danske forhold. De fleste undersøgelser er udført som indirekte bestemmelser ved hjælp af målinger af udbytte eller optaget kvælstofmængde i planter. I en enkelt undersøgelse blev ammoniakfordampningen fra fast staldgødning undersøgt ved anbringelse af gødningen på metalbakker (Hansen, 1927). I en endnu ikke afsluttet undersøgelsesrække måles ammoniakfordampningen fra udbragt gylle i vindtunnelforsøg (Christensen og Sommer, 1989 og Sommer og Christensen, 1989).

#### Klimaforhold

Som tidligere nævnt stiger ammoniakfordampningen med stigende temperatur. Endvidere udtørres gødningen hurtigere ved høje temperaturer og lav luftfugtighed, hvilket også giver et større tab af ammoniak på grund af øget ammoniakkoncentration og kuldioxidafdampning, som indirekte påvirker ammoniakfordampningen som omtalt i afsnit 2.2.2.

Ved temperaturer under 0 °C har undersøgelser vist, at der også kan forekomme en ret høj ammoniakfordampning (Sommer og Christensen, 1989). Dette kan skyldes, at ammonium ikke kan sive ned i den frosne jord. Desuden kan langsom dannelse af is i gyllen medføre en opkoncentrering af ammonium i væskefraktionen.

Vindhastigheden påvirker også fordampningshastigheden. Desuden vil øget vindhastighed medvirke til en hurtigere udtørring af gødningen og dermed større ammoniaktab.

Nedbør under og efter udbringning vil virke som en fortynding og dermed sikre en lettere nedtrængning i jorden, hvor ammonium kan bindes til jordkolloiderne. Herved kan fordampningstabet begrænses.

#### Jordoverfladens beskaffenhed

Det er af stor betydning, at gødningen, især gylle og ajle let kan trænge ned i jorden. En hårdt pakket eller frossen jordoverflade vil give anledning til et stort ammoniaktab. Ved udbringning på

ubevokset jord kan det derfor være en fordel at løsne overfladen med en harve, før gødningen bringes ud. Dette er især relevant ved gylleudbringning.

#### Jordtype

Jordtypens indflydelse på ammoniaktabet er kun sparsomt belyst under danske forhold. I en tysk undersøgelse vedr. gylle (Amberger et al. 1987) fandtes et større ammoniaktab fra sandjord end fra lerjord, især efter overfladisk nedbringning af gyllen i jorden. Dette kan både skyldes en ringere bindingskapacitet i sandjorden og et større luftskifte i denne jordtype.

#### Vegetationsdække

Ved udbringning af gylle i en afgrøde, kan fordampningen begrænses ved at placere gødningen på jorden mellem planterne. Plantedækket vil nedsætte vindhastigheden ved jordoverfladen og dermed reducere både ammoniakfordampningen og vandfordampningen fra gyllen. Gyllen med sit indhold af ammonium får derved bedre tid og mulighed for at sive ned i jorden. Endvidere kan planterne formentlig til en vis grad optage ammoniak fra luften, hvorved en del af det fordampede ammoniak ikke går tabt til atmosfæren.

#### Nedbringningsmetode

Efter nedbringning eller nedmuldning af gødningen vil der også kunne ske et tab ved ammoniakfordampning. Tabet vil være stærkt begrænset, hvis husdyrgødningen nedfældes direkte eller nedpløjes umiddelbart efter udbringningen. Ved en overfladisk nedmuldning som f.eks. nedharvning kan tabet være noget større.

### **2.4.1 Fast staldgødning**

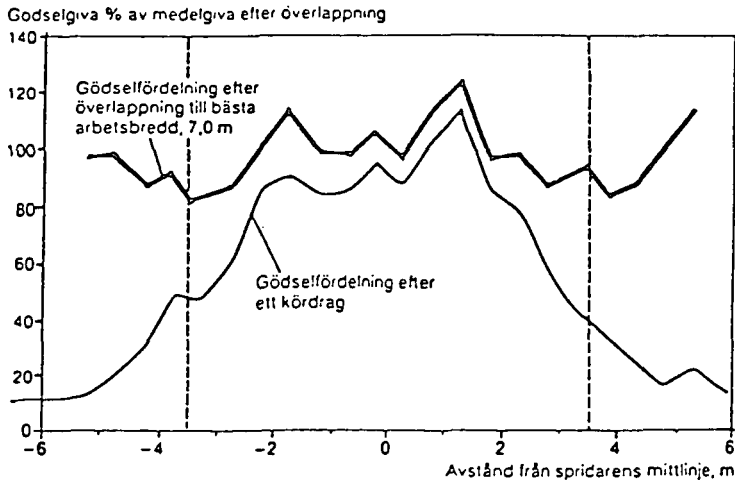
Kvælstoftabet under læsning, transport og spredning er der ikke fundet oplysninger om, men det må anses for at være af ringe betydning.

#### Dosering og spredning af fast staldgødning

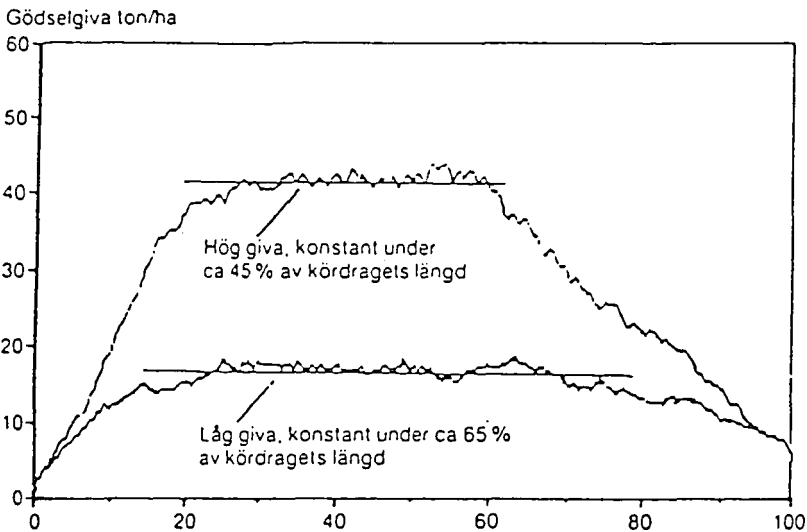
Dosering af fast staldgødning sker normalt ved at variere hastigheden af bundkæden på sprederen samt traktorens fremkørsels-hastighed. Halvfast gødning og slam doseres ved hjælp af justerbart spjæld og variabelt fremføringssystem, som kan være bundkæde eller transportsnegl. Herudover varieres mængden ved hjælp af traktorens fremkørselshastighed.

En præcis ammoniumgødsning med fast staldgødning er vanskelig på grund af spredeusikkerheden og variationen i ammoniumindholdet, jvf. afsnit 2.3.

Dosering og spredning af fast staldgødning er undersøgt i Sverige af Statens Maskinprovningar (1989), hvor flere nye typer af staldgødningsspredere er afprøvet. Figur 2.4.1 og 2.4.2 viser fordelingen henholdsvis på tværs og på langs af kørselretningen med en god spreder. Figur 2.4.3 og 2.4.4 viser tilsvarende fordelingen med en dårlig spreder.

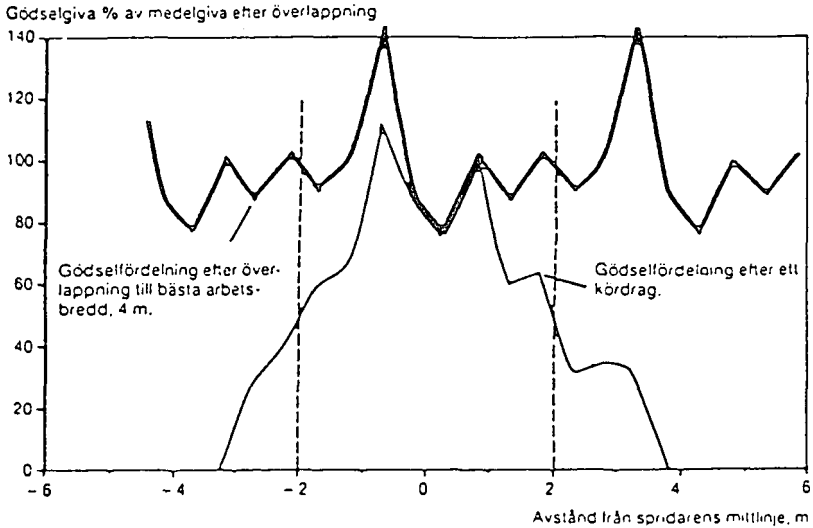


Figur 2.4.1. Typisk spredebillede for fast staldgødning på tværs af kørselsretningen. "God spreder". (Statens Maskinprovninger, Medd. nr. 3209, 1989).

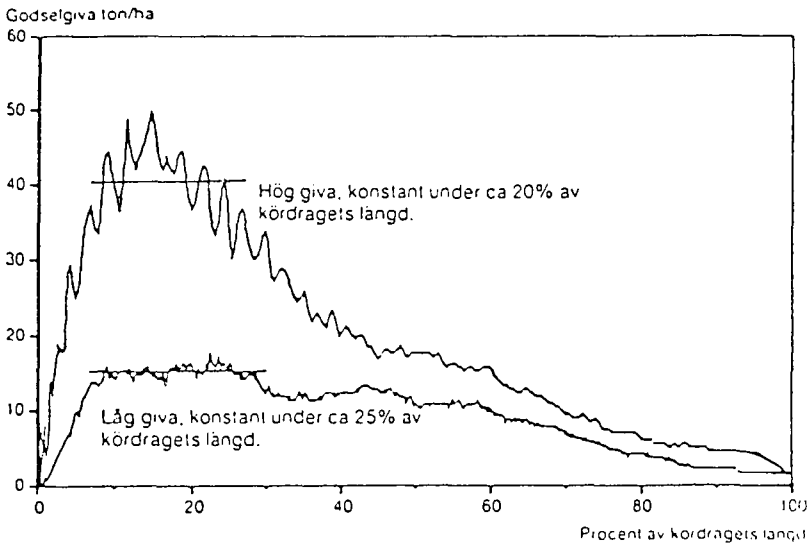


Figur 2.4.2. Typisk spredebillede for fast staldgødning på langs af kørselsretningen. "God spreder". (Statens Maskinprovninger, Medd. nr. 3209, 1989).





Figur 2.4.3. Typisk spredebillede for fast staldgødning på tværs af kørselsretningen. "Dårlig spredner". (Statens Maskinprøvnings, Medd. nr. 3191, 1989).



Figur 2.4.4. Typisk spredebillede for fast staldgødning på langs af kørselsretningen. "Dårlig spredner". (Statens Maskinprøvnings, Medd. nr. 3191, 1989).

Ammoniaktab

Tab efter spredning og indtil nedbringning er undersøgt af flere. Der er dog store variationer i resultaterne fra forskellige undersøgelser, men alle viser, at tabet er størst i de første timer efter udbringning. Variationen i ammoniaktabet skyldes forskelle i ammoniakindhold, pH, temperatur, vindhastighed og ikke mindst spredningsteknik, tabel 2.4.1. Spredningsteknikken har indflydelse både på dosering og spredejvnhed og på materialets findeling under spredningen.

Tabel 2.4.1. Ammoniakafgang fra fast staldgødning, målt som tab i procent af tilført totalkvælstof. (Steineck et al. 1989).

	6 timer	1 døgn	2 døgn	4 døgn
Fint fordelt	6	9	11	13
Store klumper	2	4	4	10

Nedbringning

Også nedbringningsmetoden har betydning for kvælstoftabet. Steineck et al. (1989) omtaler nogle amerikanske forsøg, der viser følgende tab:

	<u>Tab, % af ammonium</u>
Umiddelbar nedpløjning	5
Umiddelbar nedharvning med tallerkenharve	15
Udspreddning uden nedbringning	30-90

**2.4.2 Ajle og gylle**Omrøring

Omrøring af gylle før udbringning er oftest nødvendig, da gylle normalt separerer i forskellige lag - flydelag, mellemlag (væskelag) og bundfald - med forskelligt tørstofindhold.

Hvis gyllen ikke omrøres før udbringning, vil næringsstofferne til en vis grad variere sammen med tørstofindholdet. Dette gælder især fosfor og i mindre grad kvælstof og kalium (Kjellerup og Petersen, 1989). Herved vil det ikke være muligt at dosere gyllen korrekt.

Et andet væsentligt forhold er forskelle i gyllens viskositet i de forskellige lag. Dette kan medføre en ændring i den udpumpede mængde pr. tidsenhed under udspreddningen. Det vil oftest være således, at jo tykkere gyllen er, jo mindre pumpes ud pr. tidsenhed og omvendt.

Tabet af ammoniak under omrøringen, der kan være fra nogle få timer til flere døgn afhængig af metode og udstyr, er ikke klarlagt, men vurderes til at være forholdsvis beskeden.

### Oppumpning og transport

Gylle og ajle transporteres i lukkede tankvogne, hvorfor ammoniaktabet under transport må anses for ubetydeligt. Ved omhu under oppumpning bør der heller ikke være ammoniaktab af betydning under denne operation.

Der kan dog, selv ved brug af vakuumbogve, være lugtproblemer forbundet med transport og oppumpning af husdyrgødning, især ved transport af gylle til biogasfællesanlæg, som er uheldigt placeret i forhold til tættere bebyggelse.

### Dosering

For at kunne foretage en optimal gødskning med gylle er det nødvendigt at kende den tilførte mængde pr. ha.

Den ønskede mængde kan beregnes ud fra analyser af gyllens næringsstofindhold minus de tab, der forekommer i de enkelte led, men at overføre dette til en ønsket indstilling af vognens pumpe eller traktorens hastighed er forbundet med visse vanskeligheder.

Der findes elektronisk udstyr, som hævdes at kunne dosere gyllen således, at der tilføres en bestemt mængde kvælstof pr. ha. Udstyret har dog ikke vist sig pålideligt nok til at kunne foretage en tilstrækkelig præcis dosering, og der er brug for videre forskning i emnet.

De fleste bruger tankvognens størrelse som et mål for mængden pr. læs. Dette lyder umiddelbart fornuftigt, men det har ved flere kontrolvejninger vist sig, at fyldningsgraden kan variere fra 60 til 95 %. Dette skyldes, at gylle har meget forskellig tendens til at danne skum. Det er normalt således, at jo mere tyndtflydende gyllen er, jo mere skum dannes under fyldning af vognen. Problemerne med skumdannelse kan reduceres meget ved at tilsætte nogle få dl vegetabilsk olie til tanken, før pumpen startes.

Doseringen reguleres på flere måder. Den almindeligste er at køre i det gear, som passer bedst til den ønskede mængde. Markens længde spiller dog også en rolle, idet det er praktisk, at der ikke skal køres for meget på det areal, som allerede har fået gylle. Man tilstræber derfor, at et læs kan række fra den ene ende af marken til den anden.

Gyllens viskositet påvirker både udløbsmængden og spredbilledet. Det kan således være et problem, at nogle gylletyper har tendens til separation under transporten fra lager til mark. Der savnes effektivt omrøringsudstyr til montering i gylletankvogne.

### Spredning

Spredning af gylle og ajle kan ske med:

- a) bladspreder
- b) pendulspreder
- c) centrifugalspreder
- d) spredbom
- e) udlægger

- f) nedmulder
- g) nedfælder
- h) vandingsanlæg.

Velomrørt gylle bør kunne spredes jævnt både på tværs og på langs af kørselretningen.

#### Fordeling på langs

På vogne med selvudløb vil der normalt løbe mest ud, når vognen er fuld, hvorefter mængden reduceres. Der er således eksempler på, at udløbsmængden pr. tidsenhed halveres fra begyndelsen til slutningen af tømningen. Disse vogne markedsføres dog ikke mere.

På de nyere vogntyper med spredepumpe er problemet reduceret betydeligt. Hvis gyllen har tendens til separering under transport og spredning kan der dog være store problemer. Der er således nye eksempler på, at spredepumpens ydelse kan falde til 1/3 hvis gyllens tørstofindhold stiger fra 6,1 % til 7,8 %. Dette begrundes således ovennævnte ønske om omrøring i tankvogne.

#### Fordeling på tværs af kørselsretning

Spredenøjagtigheden på tværs af kørselsretningen afhænger af gyllens konsistens samt

Vindretning og -styrke  
 Spredertype  
 Sprederindstilling  
 Arbejdsbredde.

Ved brug af sprededbomme eller nedfældere kan tilstopning af enkelte udløb være et problem.

Ved en nylig foretaget undersøgelse af fordelingen i tværetningen viste det sig, at kun et fåtal spredere kunne opnå en variationskoefficient under 20 %. Til sammenligning kan nævnes, at en god handelsgødningspreder kan fordele gødningen med en variationskoefficient på under 10 %. Undersøgelser af tre typer gyllespredere (Sommer, 1989) viste stor vindfølsomhed for såvel en centralt anbragt sprededeplade som sprededbom med seks bladspredere.

#### Henliggetid på marken før nedbringning

Henliggetiden har stor betydning for ammoniakfordampningen, tabel 2.4.2. Tabellen viser desuden temperaturens indflydelse.

Tabel 2.4.2. Ammoniaktab fra svinegylle (30 t pr. ha) på jordoverfladen, udbragt ved temperaturer fra 7,0-16,0 °C og 3,4-6,9 °C. Gennemsnit af 29 forsøg i perioden oktober 1986 til juni 1988 (Sommer og Christensen, 1989).

Tidsrum	Temperatur			
	3,4-6,9 °C		7,0-16,0 °C	
	Ammoniaktab		Ammoniaktab	
	Pct. *)	Andel **)	Pct. *)	Andel **)
6 timer	5	0,2	11	0,3
12 timer	7	0,3	16	0,5
18 timer	9	0,4	19	0,5
1 døgn	10	0,4	22	0,6
1,5 døgn	13	0,5	24	0,7
2 døgn	14	0,6	27	0,8
6 døgn	23	1,0	35	1,0

\*) Ammoniaktab i % af ammoniumindholdet i gylle.

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

#### Gyllens pH

Med faldende pH i gyllen vil mere af kvælstoffet findes på ammoniumform, hvilket vil reducere fordampningstab. Der er således fundet 2-3 gange højere fordampningstab fra svinegylle ved pH 7,4 end ved pH 6,8 (Sommer og Christensen, 1989). Ammoniaktabet steg endvidere med temperaturen.

#### Vandtilsætning

Vandtilsætning kan reducere fordampningstab. Det kan bl.a. skyldes en hurtigere nedsivning i jorden (se nederst side 30 og nedsat ammoniakkoncentration i gyllen (se afsnit 2.2.2)). Både østriske (Schechtner, 1981) og danske forsøg (Oversigt over landsforsøgene, 1989) med fortynding af gylle har vist, at der især på græs kan opnås en ret væsentlig forøgelse af kvælstofvirkningen, tabel 2.4.3. Hvis der anvendes vandingsanlæg til udbringning vil det som regel være nødvendigt med en vis vandtilsætning, men ved udbringning med tankvogn vil det betyde en væsentlig forøgelse af den udbragte gyllemængde og en tilsvarende forøgelse af omkostningerne.

**Tabel 2.4.3.** Gødningsvirkning ved fortynding af gylle til græs (Oversigt over landsforsøgene, 1989).

	Udbytte og merudbytte					
	Råprotein			Afgrødeenheder*)		
	kg pr. ha		pr. ha	pr. ha		
	1. slæt	1.+2. slæt	1. slæt	1.+2. slæt		
Antal forsøg	3	2	2	3	2	2
Grundgødet	257	295	475	19,2	18,6	26,8
50 N i handelsgd.	227	222	320	10,6	10,7	14,8
100 N i handelsgd.	417	350	475	13,9	12,6	18,2
Ca. 47 kg NH <sub>4</sub> -N i gylle:						
Slæbeslanger:						
ufortyndet	100	65	170	4,7	3,0	6,7
tilsat 33 % vand	114	79	145	5,7	4,7	7,9
tilsat 100 % vand	147	106	208	6,8	6,1	9,5
Bredspredt:						
ufortyndet	-	21	98	-	1,0	4,0
tilsat 33 % vand	-	45	130	-	4,4	7,8
tilsat 100 % vand	-	81	152	-	6,0	8,9

\*) 1 afgrødeenhed = foderværdien af 100 kg byg.

#### Nedbringningsmetode

Effekten af nedbringningsmetode fremgår delvis af ældre danske forsøg med nedbringning af ajle (Iversen, 1934; Wested og Iversen, 1938). I tabel 2.4.4 er vist tabet i gødningsværdi ved nedharvning af ajle i forhold til nedpløjning straks. Tallene udviser en stor variation.

**Tabel 2.4.4.** Tab af gødningsværdi i procent ved nedharvning af ajle i forhold til nedpløjning straks (Iversen, 1934).

Behandling	Havre	Kålrøer	Runkelrøer
Nedharvet straks	8	28	24
Nedharvet efter 4 døgn	50	58	43

Ved et vindtunnelforsøg med nedfældning af kvæggylle på lerjord ved Askov Forsøgsstation fandtes et tab på ca. 10 % af ammoniumindholdet (Sommer, 1989a). Denne høje tabsprocent kan dog muligvis tildels tillægges omstændighederne ved forsøgets udførelse. Thompson et al. (1987) og Hoff et al. (1981) fandt et tab på ca. 2-5 % af ammoniumindholdet ved nedfældning af gylle på lerjord.

Nedfældning af gylle reducerer ammoniaktabet væsentligt, men på grund af den kraftige jordbehandling er de nuværende nedfældere ikke særligt egnede til nedfældning i voksende afgrøder. Det

skyldes, at forstyrrelsen af rodzonen ofte vil medføre et tab som følge af udtørring m.v., som ikke kan opvejes af den større kvælstofudnyttelse. Under fugtige forhold kan hjulslippet på traktoren endvidere let blive så stort, at planterne i hjulsporene bliver revet op.

Et andet problem ved de i dag anvendte nedfældere er det store trækraftbehov på ca. 10 kW pr. skær, som medfører, at nedfældere oftest har 4 og sjældent mere end 6 skær svarende til en arbejdsbredde på 2-3 m. Dette medfører derfor også en væsentlig lavere udbringningskapacitet, som i praksis meget let bliver halveret i forhold til udspreddning med traditionelt udstyr.

På hældende terræn er der problemer med at anvende traditionelle nedfældere, da der er risiko for, at gyllen via de frembragte render flyder ned på de lave steder. Problemet størrelse afhænger af køreretning i forhold til terrænhældning og den udbragte gyllemængde.

#### **2.4.3 Tab fra dyr på græs**

Der vil også fordampe ammoniak fra gødning produceret af græssende dyr. Tabene kan være høje, fordi gødningen ikke nedbringes i jorden og fordi dyrene går ude om sommeren, hvor fordampningsbetingelserne generelt er gode. Jarvis et al. (1989) fandt en sammenhæng mellem kvælstofinput til græsmarken og ammoniakfordampningen fra den efterladte gødning. De årlige tab fra græs gødet med 420 og 210 kg kvælstof/ha og fra kløvergræs var henholdsvis 25, 10 og 7 kg kvælstof/ha.

#### **2.4.4 Muligheder for at reducere fordampningstab af kvælstof**

Følgende foranstaltninger kan reducere fordampningstab ved udbringning:

##### Ubevokset jord om foråret og stubjord:

- nedbringning umiddelbart efter spredning eller nedmuldning i forbindelse med udkørslen
- hård jord harves op før udbringning for at øge jordoverfladen mest muligt og lette gyllens nedtrængning i jorden
- brug af spredeudstyr, som ikke findeler gyllen for meget
- udspreddning af gyllen under kølige og fugtige vejrforhold uden for megen blæst
- brug af fuldbreddespredere, som mindsker problemet med vindpåvirkning.

##### Bevokset jord:

- udspreddning af gyllen under kølige og fugtige vejrforhold uden for megen blæst
- brug af udlægger eller rækkenedfælder
- i rækkeafgrøder bør tilslemmet jord om muligt løsnes før udbringning.

#### 2.4.5 Behov for forskning, udstyrs- og metodeudvikling

Der er tre formålsbestemte kategorier:

- I. Udvikling af udstyr og metoder til sikring af ensartet spredning og veldefineret dosering.
- II Undersøgelser, hvis formål er at få præcise data for ammoniaktab under forskellige forhold og fremgangsmåder, for at kunne vurdere konsekvenserne dels for miljøet, dels for gødningsomsætningen i de efterfølgende processer. Dette vil specielt kunne forbedre datagrundlaget i systemmodellen.
- III Udvikling af udstyr og metoder, som reducerer ammoniaktab under ud- og nedbringning under hensyn til tekniske og økonomiske muligheder i praksis.

##### Kategori I

- 1) Forbedring af spredevogne til fast staldgødning, med henblik på at opnå bedre fordeling af gødningen - både på tværs og på langs af kørselsretningen.
- 2) Udvikling af udstyr, der er i stand til at udbringe en bestemt mængde fast staldgødning pr. arealenhed.
- 3) Udvikling af udstyr, der kan holde gyllen homogen under transport og spredning, herunder skumdæmpende systemer (apparat-ur og midler).
- 4) Udvikling af udstyr, der er i stand til at dosere en bestemt mængde gylle pr. arealenhed - om muligt også en bestemt næringsstofmængde pr. arealenhed.
- 5) Yderligere forbedring af de eksisterende spredebomme.

##### Kategori II

- 6) Undersøgelser af gødningens nedtrængningsevne afhængig af jordtype, jordstruktur, jordvandindhold, gylletype m.v. Endvidere er der behov for at undersøge om, der kan foregå ammoniakfordampning fra gødning, der allerede er indarbejdet eller trængt ned i jorden. En del af disse undersøgelser vil kunne foregå i vindtunnelforsøg.
- 7) Ammoniaktabet fra husdyrgødning udbragt på og under afgrøder er kun sparsomt belyst, specielt når det gælder afgrøder med en større bladmasse. Det er ikke klarlagt, i hvor høj grad der kan ske optagelse af ammoniak i plantetoppen fra den udbragte gødning. Afklaring af dette spørgsmål vil formentlig kræve plantefysiologiske studier. Endvidere er der behov for at kombinere undersøgelser af mikroklimaet i afgrøder med undersøgelse af ammoniakfordampningen fra gødning udbragt i bunden af afgrøden. I denne sammenhæng kan vindtunnelforsøg ikke anvendes. Der er derfor behov for udvikling af alternative metoder til bestemmelse af ammoniaktab under markforhold.



- 8) Betydningen af de væsentligste klimaforhold for ammoniakfordampning er kendt. Der er imidlertid behov for at få disse sammenhænge beskrevet kvantitativt i matematiske modeller. Endvidere viser foreløbige resultater, at der i forbindelse med ammoniakfordampning fra gylle er væsentlige vekselvirkninger mellem klima, gyllens egenskaber og jordbundsforhold, som endnu ikke er kendt og beskrevet.

### Kategori III

- 9) Undersøgelse af teknisk/økonomiske muligheder for gennem tilsætningsstoffer at formindske ammoniakfordampning under omrøring og spredning.
- 10) Udvikling af nedfældere med mindst 6 m arbejdsbredde, og som kan trækkes af en max 120 kW traktor.
- 11) Udvikling af enkel teknik til nedmuldning af gylle spredt på ubevokset jord, idet de nedmuldere, som findes i dag, enten er for dyre eller har for lille arbejdsbredde og dermed kapacitet.

## 2.5 Kvælstofomsætning i jord, kvælstofudnyttelse i planteproduktionen og kvælstoftab

### 2.5.1 Kvælstofomsætning i dyrket jord og tilførsel af husdyrgødning

Kvælstofomsætningen i jorden er karakteriseret ved, at kvælstof via biologiske og kemiske processer kan indgå i en række forskellige forbindelser. Disse forbindelser kan være uorganiske som ammoniak, ammonium, kvælstofoxider, atmosfærisk kvælstof og nitrat, og de kan være organiske som i mikroorganismer, jordbundsdyr og planter og planterester. Endelig findes kvælstof i langsomt omsætteligt, stabilt organisk materiale som humus, fig. 2.5.1.

Kvælstofforbindelserne omfatter både luftformige, vandopløselige og biologisk bundne forbindelser, og kvælstoffet er således i besiddelse af en betydelig evne til at "vandre" rundt i jord--vand-plante-atmosfære systemet. Disse egenskaber betinger at kvælstof, afhængig af omstændighederne, optræder både som et livsnødvendigt næringsstof for alt levende og som en miljøbelastningsfaktor.

Ved tilførsel af husdyrgødning indgår denne i stofomsætningerne i jorden. I fig. 2.5.1 ses, at der med husdyrgødning tilføres kvælstof til flere af jordens kvælstofpuljer - stabiliseret organisk bundet kvælstof, labilt organisk bundet kvælstof og ammonium/ammoniak. Ammonium er direkte tilgængelig for planterne, hvorimod det organisk bundne kvælstof først skal omdannes til ammonium, før det kan optages.

Mængden af det tilførte organisk bundne kvælstof i forhold til ammoniumkvælstof vil, som det fremgår af de foregående afsnit, afhænge af husdyrgødningens art (fast gødning, gylle, ajle), oprindelse (fra kvæg, fra svin, fra fjerkræ m.v.), behandling og lagringsforhold samt omstændighederne ved ud- og nedbringning.

Det labile organiske kvælstof vil kunne omdannes til ammonium - ofte inden for 1-2 år efter tilførslen - og vil derefter kunne indgå i de videre processer som vist i figuren.

En betydelig del af det organisk bundne kvælstof i husdyrgødning vil dog være langsomt omsætteligt og indgå i den stabiliserede organiske kvælstofpulje, hvorfra det kun langsomt (gennem årtier eller århundreder) frigives (mineraliseres). Denne pulje kan i dansk landbrugsjord udgøre 70-90% af jordens samlede kvælstofindhold, som er opgjort til 6-12 tons kvælstof pr. ha ned til 1 m's dybde (rodzonen).

Samtidig med denne frigivelse af kvælstof fra puljerne forløber der modsat rettede processer, hvorved mineralsk kvælstof indbygges i jordens organiske lager (immobiliseres), se figuren.

Både ammonium og nitrat optages af planterne, men kun nitrat udvaskes af jorden, idet ammonium bindes til jordpartiklerne. Nitrat kan endvidere via denitrifikationen omdannes til luftfornemme kvælstofforbindelser og på denne måde tabes fra jorden.

Kvælstofomsætningen i dyrket jord udgøres 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 og klimaforhold som dyrkningsbetingelser, herunder anvendelsen af husdyrgødning.

Der er udviklet en række modeller, som inkluderer omsætnings-, transport- og optagelsesprocesser for kvælstof i jord (f.eks. Hansen og Aslyng, 1984; Johnsson et al., 1987; van Keulen og Seligman, 1987). I forbindelse med NPO-forskningsprogrammet udvikles ved den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole en simuleringsmodel med navnet DAISY, som også kan omfatte tilførsel af husdyrgødning til jorden.

En øget viden om kvælstofomsætningen i jorden er nøglen til forståelse af de faktorer, som påvirker planternes kvælstofoptagelse og kvælstoftabet fra jorden, der fremkommer dels ved nedvaskning af mineraliseret kvælstof i form af nitrat, dels ved afgivelse af kvælstof og flygtige kvælstofforbindelser til luften.

### 2.5.2 Husdyrgødning som kvælstofgødning

Planternes kvælstofoptagelse indgår som én af de faktorer, der er af betydning for kvælstofomsætningen i jord. Afsnittet omhandler de forhold, der er specielt vigtige for kvælstofoptagelse fra husdyrgødning og behandler således ikke de plantefysiologiske eller fysisk/kemiske forhold ved kvælstofoptagelse i almindelighed.

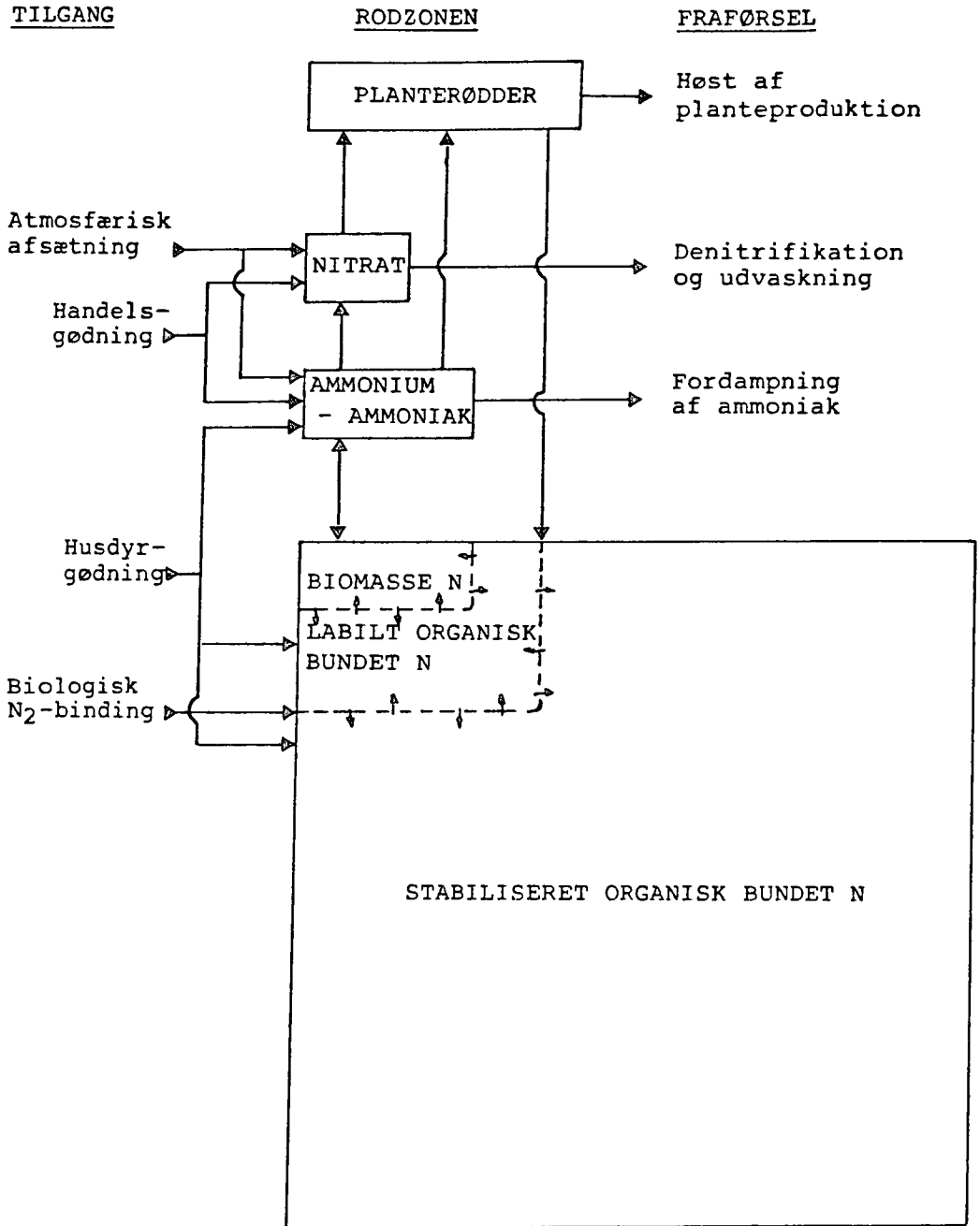


Fig. 2.5.1. Skematisk diagram over omsætningen af N i rodzonen (Christensen, 1989).

### Faktorer, der påvirker kvælstofoptagelsen i afgrøder

Planternes kvælstofoptagelse stiger med stigende kvælstoftilførsel. Den totale mængde optaget kvælstof stiger, når kvælstoftilførslen øges og ved højere kvælstoftilførsel også koncentrationen af kvælstof i tørstoffet. Derimod påvirkes den mængde kvælstof, der optages fra jordens kvælstofbeholdning normalt kun lidt af kvælstoftilførselens størrelse.

Planternes optagelse af kvælstof tilført med husdyrgødning afhænger af:

- Afgrøden
- Husdyrgødningens type
- Kvælstofmængden.

Desuden afhænger optagelsen som omtalt i de foregående afsnit indirekte af:

- Udbringningstidspunkt
- Udbringningsmetode og nedbringningstidspunkt og -metode
- Jordtype
- Klimaforhold.

Husdyrgødningens kvælstofudnyttelse i planteproduktionen er resultatet af et nært samspil mellem de ovennævnte faktorer. En vis overlappning i omtalen af faktorernes betydning er derfor uundgåelig.

### Terminologi

Der anvendes forskellige udtryk og begreber til at beskrive planternes kvælstofudnyttelse. I det følgende er de anvendte begreber forklaret.

Erstatningsværdi: Husdyrgødningens erstatningsværdi er den mængde kvælstof i handelsgødning, der erstatter 100 kg totalkvælstof tilført i husdyrgødning. Effekten måles i udbytte. Hvis erstatningsværdien for husdyrgødning eksempelvis er 20 ved tilførsel i november måned, betyder det, at man opnår samme udbytte ved tilførsel af 20 kg kvælstof i handelsgødning (normalt tilførselstidspunkt), som man opnår ved tilførsel af 100 kg kvælstof i den nævnte husdyrgødning i november måned.

Nyttevirkning: Nyttevirkning er det samme som erstatningsværdi.

Kvælstofoptagelse: Kvælstofoptagelse er den mængde kvælstof, der optages i afgrøden. Oftest måles kun kvælstofoptagelsen i de overjordiske plantedele.

Kvælstofudnyttelse: Kvælstofudnyttelsen er mængden af høstet kvælstof efter kvælstoftilførsel minus høstet kvælstof i afgrøder uden kvælstoftilførsel, i forhold til tilført (i ammonium eller total-kvælstof).

### Afgrøden

Der er stor forskel på, hvor godt afgrøderne udnytter husdyrgødningens kvælstofindhold. Udnyttelsen af kvælstof fra husdyrgødning afhænger primært af længden af afgrødens vækstperiode. Det skyldes, at afgrøder, der vokser længe i efteråret som f.eks. bederoer, græs, majs og industrikartofler, kan optage en del af den kvælstofmængde, der mineraliseres i vækstperioden. En afgrøde som vinterbyg derimod, der høstes allerede i juli måned, opnår normalt max. kvælstofindhold allerede først i juni måned og vil herefter ikke optage yderligere kvælstof. Den mængde kvælstof, der mineraliseres i løbet af sommeren, kan altså tabes til omgivelserne.

Navnlig staldgødning, der har et højt organisk bundet kvælstofindhold, bliver bedst udnyttet af afgrøder, der vokser i efteråret, mens der ikke er fundet nogen forskel mellem vårbyg og roer i udnyttelsen af ajle (Iversen, 1944 og Iversen, 1938).

Vintersæd optager kun en mindre kvælstofmængde i efteråret, da væksten i denne periode er ret begrænset, dog afhængig af klimaforholdene. Der er forskel mellem vintersædarterne, således at vinterbyg og vinterrug når en kraftigere udvikling i efteråret og dermed en større kvælstofoptagelse end vinterhvede. Vintersæd optager normalt 30-40 kg kvælstof pr. ha fra efteråret og indtil begyndelsen af april (Andersen et al., 1986). Vinterraps, der sås allerede i august måned optager mere kvælstof end kornarterne.

### Husdyrgødningstypen

Kvælstof i husdyrgødning findes som organisk bundet kvælstof eller som ammonium. Kun ammoniumkvælstoffet kan umiddelbart optages af afgrøderne. I fast staldgødning fra svin er omkring 1/3 af kvælstoffet til stede som ammonium, og i fast staldgødning fra kvæg ca. 1/4. I ajle findes omkring 90 % af kvælstofmængden som ammoniumkvælstof. I svinegyfle udgør ammonium omkring 2/3 af det totale kvælstofindhold og i kvæggylle omkring 1/2 (Kjellerup, 1989a).

Udnyttelsen af ammoniumkvælstof fra ajle, gylle og fast staldgødning er nogenlunde ens. Dog kan der i halmrige gødningstyper, som f.eks. en gødningsmåtte fra dybstrøelse, være en nedsat virkning af ammoniumkvælstof i en periode efter udbringning p.g.a. højt C/N-forhold (se afsnit 2.2.1). Ved forårsudbringning optager afgrøderne generelt en større del af totalkvælstoffet fra gylle end fra fast staldgødning i udbringningsåret p.g.a. den relativt større andel af organisk bundet kvælstof i fast staldgødning. Kun en mindre del af det organiske kvælstof mineraliseres og bliver tilgængeligt for afgrøderne i udbringningsåret. Ved efterårsudbringning af husdyrgødning er der risiko for at tabe en større del af gylles end af fast staldgødningens kvælstofindhold p.g.a. det højere ammoniumindhold i gylle. Virkningen af fast staldgødning kan i dette tilfælde blive bedre end virkningen af gylle på udbyttet det følgende år.

### Kvælstofmængden

Afgrødernes udbytte stiger med stigende kvælstoftilførsel indtil det maksimale udbytte nås. Ved yderligere tilførsel fås udbyttenedgang, se vårbyg i figur 2.5.2.

Kvælstofudbyttet stiger derimod omtrent lineært med stigende tilførsel af mineralsk kvælstof, idet kvælstofkoncentrationen i afgrøderne forøges. Ved meget høje tilførsler falder kvælstofudbyttet dog, da kvælstofkoncentrationen ikke stiger tilstrækkeligt til at kompensere for udbyttenedgangen.

I figur 2.5.2 er der anvendt handelsgødning, men forholdet vil være det samme ved tilførsel af ammoniumkvælstof i husdyrgødning. Man kan normalt påregne, at kvælstofudnyttelsen er uafhængig af den tilførte mængde mineralsk kvælstof.

Udbyttet er således ikke et entydigt udtryk for kvælstofudnyttelsen i planteproduktionen.

### Udbringningstidspunkt

Afgrødernes udnyttelse af kvælstoffet i husdyrgødning er stærkt afhængig af udbringningstidspunktet bl.a. pga. de tab, der kan forekomme efter udbringningen som omtalt i afsnit 2.5.4. Udbringningstidspunktets betydning for kvælstofudnyttelsen varierer dog med afgrøden og husdyrgødningstypen.

Husdyrgødning udnyttes generelt dårligt ved tilførsel i efteråret. Flydende husdyrgødning udnyttes dårligere end fast staldgødning ved efterårsanvendelse.

Ved tilførsel af gylle til roer i efteråret forud for roeafgrøden blev merudbyttet nedsat med 70 % i forhold til tilførsel før såning (Larsen, 1989a). Anvendelse af gylle i roernes vækstperiode kan give en god kvælstofudnyttelse, dog afhængig af jordtype og udbringningsmetode. Nedfældning mellem rækkerne kan på en ikke for svær lerjord give omtrent lige så god udnyttelse som udbringning før såning.

Det optimale udbringningstidspunkt for husdyrgødning til vårbyg er om foråret. Ved efterårsudbringning nedsættes udnyttelsen endnu mere end for roer. Udbringning efter såning kan nedsætte kvælstofudnyttelsen i forhold til udbringning før såning, sandsynligvis p.g.a. sent udbringningstidspunkt i forhold til tidspunktet for byggens kvælstofoptagelse (Kempainen, 1986).

Ved anvendelse af gylle til græs er kvælstofudnyttelsen også størst ved udbringning om foråret. I forsøg har udbringning i november nedsat kvælstofudnyttelsen med ca. 45 % i forhold til forårsudbringning og udbringning efter 1. slæt nedsat udnyttelsen med ca. 50 % i forhold til forårsudbringning (Nemming, 1976). Den forringede udnyttelse skyldes i det sidste tilfælde bl.a. øget ammoniakfordampning, da temperaturen på dette tidspunkt er højere og gyllen er overfladeudbragt (Tunney og Molly, 1986 og Larsen, 1989a).

I vintersæd giver udbringning af gylle i foråret ligeledes bedst udnyttelse. Sker udbringning senere - i maj/juni - er udnyttelsen ofte dårligere. Vintersæd udnytter derimod ikke efterårsudbragt gylle lige så godt som en etableret græsmark. Udbringning før såning af vintersæd (september) har i forsøg nedsat udnyttelsen i forhold til forårsudbringning lige så meget som udbringning i november til vårsæd. Udsattes tilførslen til vintermånederne, fandtes ved udbringning i tøvejr kun ca. 15 % dårligere effekt end ved forårsudbringning (Baadsgaard, 1987). Tilsvarende er fundet i vårsæd (Larsen, 1989a).

Udover jordtypen og klimaforholdenes betydning for fordampning og nedvaskning kan disse faktorer spille en rolle for afgrødens udvikling og dermed dens kapacitet for optagelse af plantenæringsstoffer.

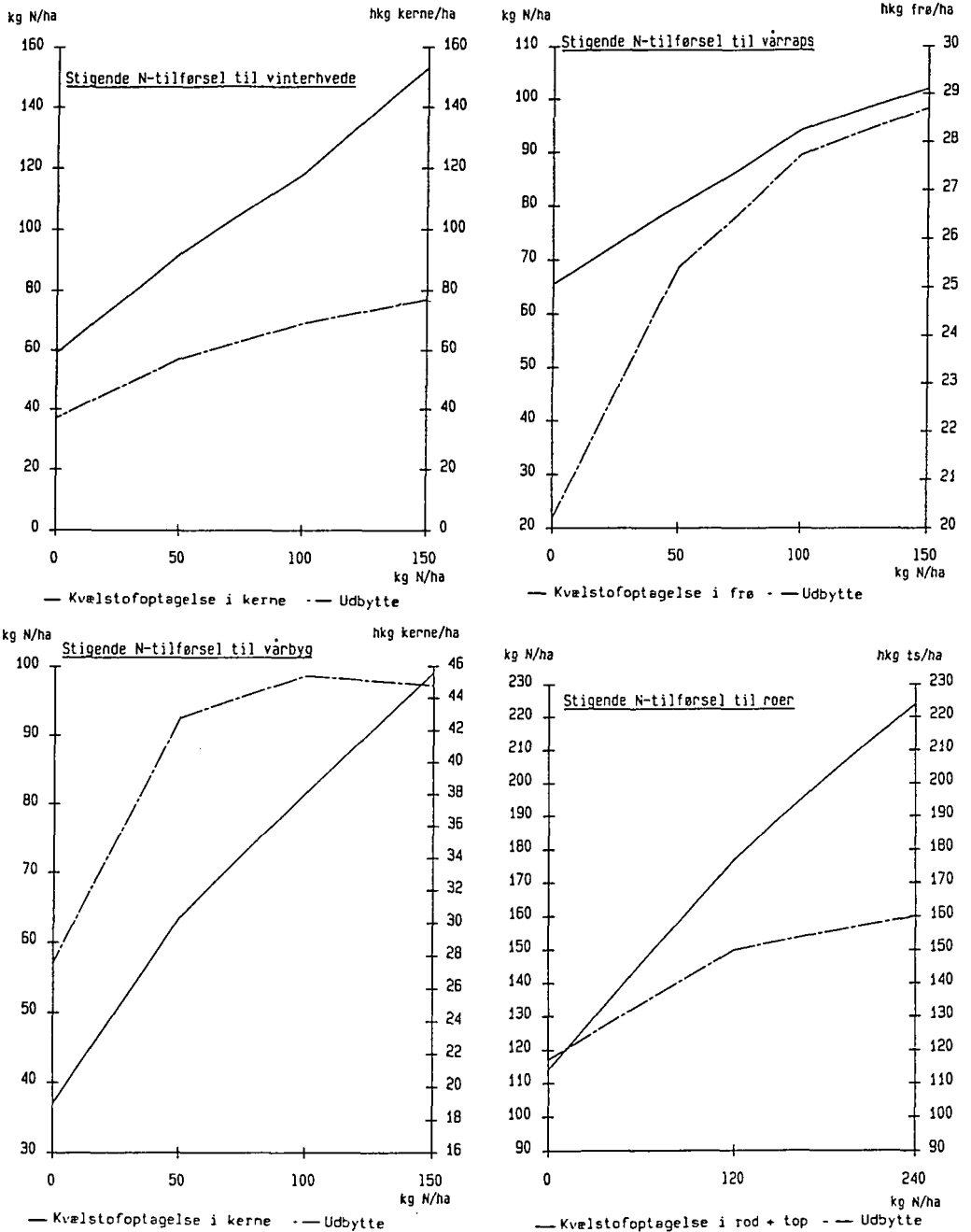


Fig. 2.5.2. Afgrødernes udbytte og kvælstofoptagelse ved stigende kvælstoftilførsel med handelsgødning. Oversigt over Landsforsøgene 1982, -83, -84 og -88; Baadsgaard 1989 og Nemming, 1982).



Oversigt over erstatningsværdien for husdyrgødning under varierende anvendelse

Tabel 2.5.1. Erstatningsværdien af totalkvælstof i husdyrgødning udbragt i forskellige måneder til forskellige afgrødetyper (moderate mængder udbragt pr. gang). Tabellen er baseret på forsøgsresultater, erfaringer og skøn vedr. husdyrgødningens udnyttelse og tallene dækker over store variationer (Pedersen, 1988).

	Sep.-okt.			Medio nov.			Medio dec.			Jan.-marts			Apr.-maj <sup>***)</sup>			August			
	S	A	G	S	A	G	S	A	G	S	A	G	S	A	G	S	A	G	
Byg/sandjord				25	10	15	30	20	25	30	40	35	35	50	40				
Byg/lerjord				30	20	25	30	30	30	30	40	35	35	50	40				
Roer/sandjord				30	10	20	40	20	30	40	40	45	45	50	50				
Vinterhvede	25	15	20	-	20	25	-	30	30	-	40	40	-	50	50				
Vinteraps	30 <sup>*)</sup>	30	30	-	30	30	-	30	30	-	40	40	-	50	50				
Græs				Kan skade			Kan skade			-	30	30	-	40	35	-	50	40	
				overvintring			overvintring												
Efterafgrøder <sup>**)</sup>				-	15	20													

\*) August

\*\*) Virkning på afgrøde det følgende år.

På grund af opbygning af organisk bundet pulje i jorden er udvaskningsreduktion større end virkningsprocenternes angivelse.

\*\*\*) Forudsat vejrtilingelser med lille  $\text{NH}_3$ -fordampning ved udbringning på afgrøder i vækst. Ved nedfældning + 15 % for gylle og + 30 % for ajle.

S = Staldgødning, A = Ajle, G = Gylle.

Erstatningsværdien er fastsat på basis af total-kvælstof. Husdyrgødningen er bredspredt og i tilfælde, hvor jorden er ubevokset, er husdyrgødningen nedbragt inden 6 timer fra udbringning.

Tallene angiver, hvor mange kg handelsgødningskvælstof 100 kg totalkvælstof i husdyrgødning kan erstatte i udbringningsåret eller - ved efterårsudbringning - det følgende år. Der er tale om normalt, bl.a. vil forholdet mellem ammonium og organisk kvælstof på det aktuelle tidspunkt og under de lokale forhold kunne variere meget.

De foreliggende undersøgelser tyder på en lidt dårligere erstatningsværdi for efterårsudbragt gylle til vinterhvede end til vinterraps.

Effekten af nedfældning har i de medtagne undersøgelser maksimalt givet 10 % bedre erstatningsværdi (i marts/april), men forholdet er kun sparsomt belyst. Man må forvente, at effekten af en nedfældning er mindre om efteråret og vinteren end om foråret og sommeren.

Konklusion

Afgrøder med lang vækstsæson udnytter husdyrgødningen bedst. Foråret er generelt det bedste udbringningstidspunkt. Ved efterårsudbringning udnyttes husdyrgødningens kvælstofindhold bedst ved udbringning i afgrøder i vækst. Når husdyrgødningen overfladeudbringes giver udbringning under kølige, fugtige forhold bedst kvælstofudnyttelse.

Man kan forvente god effekt af udlægning ved hjælp af slanger i en stråafgrøde, da ammoniakfordampningen må formodes at være nedsat, når gyllen er placeret på jorden i bunden af afgrøden og herved er i læ. Udlægning i roer giver formentlig ikke samme lævirkning.

Imidlertid er der en del praktiske problemer ved at efterfølge disse retningslinier. Bl.a. bør græs, der skal overvintre, ikke tilføres kvælstof i efteråret. Udbringning om vinteren giver svidningsrisiko og risiko for overfladeafstrømning. Opbevarings- og udbringningskapaciteten kan være begrænsende for forårsudbringning.

### 2.5.3 Husdyrgødningens eftervirkning

Husdyrgødningens organisk bundne kvælstofindhold udnyttes bl.a. gennem en "langtidsvirkning", eftervirkning, af gødningen ud over 1. års virkningen (se afsnit 2.5.1). Eftervirkningen måles som et merudbytte i de husdyrgødede led i årene efter tilførsel af husdyrgødning og handelsgødning. Eftervirkningen er ikke et udtryk for det reelle omfang af kvælstofmineraliseringen fra husdyrgødningens organisk bundne kvælstofpulje.

Eftervirkningen aftager med stigende tilførsel af handelsgødning i eftervirkningsårene, tabel 2.5.2. Det skyldes bl.a., at udbyttetilvæksten aftager med stigende kvælstoftilførsel. Derved maskeres eftervirkningen i nogen grad af virkningen af det tilførte handelsgødningskvælstof.

Tabel 2.5.2. Eftervirkning i byg og rug af 40 t fast staldgødning udbragt til roer forud for kornafgrøderne. (Larsen, 1989).

kg N/ha tilført kornafgrøderne i eftervirkningsårene	0	31	62	93	124
	<u>Merudbytte i hkg kerne pr. ha</u>				
1. eftervirkningsår, byg	4,2	3,3	1,9	0,8	0,4
2. eftervirkningsår, rug	1,5	1,3	1,9	1,5	0,9

Eftervirkningen afhænger af den tilførte kvælstofmængde med husdyrgødningen og desuden i nogen grad af jordtype og tilsyneladende af afgrøde, tabel 2.5.3. Det ses af tabellen, at udbytterne i eftervirkningsårene stiger med stigende tilførsel af kvælstof i husdyrgødning i de forudgående 12 år. Endvidere er eftervirkningen efter fast gødning lidt større end efter gylle, fordi der med den faste gødning tilføres mere organisk bundet kvælstof.

Der er desuden tendens til jordtypeafhængighed, idet der generelt blev fundet lidt større eftervirkning på lerjorden end på sandjorden.

I 3. eftervirkningsår blev jordtypeafhængigheden dog overskygget af afgrøde-forskellen, idet der blev målt større eftervirkning i majs på sandjorden end i græs på lerjorden. Selv om begge afgrøder har en lang vækstperiode tyder dette på, at majsen bedre har kunnet udnytte det kvælstof, som er blevet frigjort i løbet af vækstperioden.

Tabel 2.5.3. Eftervirkning efter årlig tilførsel af handelsgødning og kvæggødning til samme areal gennem 12 år<sup>\*</sup>). Der er ikke tilført kvælstof i eftervirkningsårene. (Efter Larsen, 1989).

	Han- dels- gød- ning	Gylle			Han- dels- gød	Fast gødning		
		t/ha/år				t/ha/år		
		25	50	100		25	50	100
<u>Lerjord</u>								
Tilført i 12 år, kg N/ha	1440	1203	2408	4811	1440	1650	3300	6594
Høstet i 12 år, kg N/ha	1468	985	1385	1829	1468	910	1214	1699
Tilført-høstet, kg N/ha	-28	218	1023	2982	-28	740	2086	4895
Høstet/tilført, %	102	82	58	38	102	55	38	26
Eftervirkning								
1. år, roer, a.e./ha <sup>**</sup> )	78,4	87,3	86,4	108,0	84,1	106,0	123,0	152,3
2. år, vårbyg, a.e./ha	24,7	25,2	26,7	30,7	22,3	26,3	28,3	33,2
3. år, græs, a.e./ha	11,2	12,0	14,1	16,8	10,2	13,4	14,8	21,0
4. år, vårbyg, a.e./ha	16,6	15,9	17,1	21,3	16,3	18,2	22,0	26,7
<u>Sandjord</u>								
Tilført i 12 år, kg N/ha	1440	1103	2206	4405	1440	1607	3214	6420
Høstet i 12 år, kg N/ha	1098	614	975	1489	1089	700	1085	1661
Tilført-høstet, kg N/ha	342	489	1231	2916	342	907	2129	4759
Høstet/tilført, %	76	55	44	34	76	43	34	26
Eftervirkning								
1. år, roer, a.e./ha	47,6	50,7	58,5	68,3	42,8	51,9	66,0	76,3
2. år, vårbyg, a.e./ha	14,6	11,0	12,7	16,2	14,1	12,2	17,1	24,5
3. år, majs, a.e./ha	46,4	47,3	55,3	61,6	38,5	44,4	60,2	78,6
4. år, vårbyg, a.e./ha	4,8	4,7	4,8	4,8	4,5	4,7	7,1	8,4

\* ) Sædskifte: Roer, vårbyg, forårsudlagt rajgræs (majs på sandjord) og vårbyg.

\*\* ) a.e. = afgrødeenheder pr. ha.

Eftervirkningen er begrænset set i forhold til 1. års virkningen, men bør medregnes i den samlede udnyttelse af husdyrgødningen.

Den begrænsede eftervirkning kan dels skyldes en stor pulje af stabilt organisk kvælstof i husdyrgødningen og dels, at det labile organiske kvælstof (stor eller lille del) er mineraliseret og optaget eller tabt inden næste afgrøde (se fig. 2.5.1).

#### 2.5.4 Kvælstoftab ved nedvaskning

##### Faktorer der påvirker nedvaskningen

Kvælstofnedvaskningens størrelse afhænger af klima, vegetationsdække, jordtype og kvælstoftilførsel og samspillet mellem disse faktorer.

Klimafaktorerne er nettonedbør (nedbør - fordampning), jordfugtighed og jordtemperatur. Jordfugtighed og -temperatur er bestemmende for mineraliseringen af det organiske stof i jorden og nettonedbøren (= vandafstrømningen) fører det mineraliserede nitratkvælstof ned til grundvand og dræn og eventuelt til vandløb, søer og hav. Under denne videre passage gennem de dybere jordlag og grundvandsmagasinerne kan mængden af nitratkvælstof nedsættes gennem omdannelse (reduktion) til luftformige kvæstofforbindelser.

Jordtypen influerer på nedvaskningen gennem påvirkning af vandgennemstrømningen og den mikrobielle og fysisk-kemiske aktivitet af betydning for denitrifikationen. Sandjord har stor vandgennemstrømning og lille eller ingen denitrifikation, hvorimod lerjord har mindre vandgennemstrømning og større denitrifikation. Derfor vil kvælstofnedvaskningen oftest være større på sandjord end på lerjord.

Afgrøderne optager kvælstof fra jorden, hvorved koncentrationen af nitratkvælstof nedsættes. I perioder med mulighed for kvælstofnedvaskning vil et vegetationsdække derfor kunne formindske nedvaskningen. Halmnedmuldning kan også nedsætte nedvaskningen gennem kvælstofoptagelse under halmens omsætning (immobilisering af kvælstof, d.v.s. mikrobiel omdannelse til organisk kvælstof).

Kvælstoftilførsel øger planteproduktionen og dermed mængden af afgrøderester i marken med mulighed for stigende mængde letomsætteligt organisk stof, og dermed øget mulighed for nitratdannelse og -nedvaskning.

Ved anvendelse af husdyrgødning tilføres der derudover direkte organisk bundet kvælstof til jorden, hvorfra der kan frigives nitrat, som uden for planternes vækstsæson kan nedvaskes.

##### Nyere danske forskningsresultater over kvælstofnedvaskningen

I det følgende er vist eksempler på, hvorledes kvælstofnedvaskningen ved anvendelse af husdyrgødning påvirkes af ovennævnte faktorer. Resultaterne viser nedvaskningen til 1 m's dybde i jorden. Bortset fra en enkelt undersøgelse er der tale om resultater fra lysimeterforsøg.

Ved nogle af resultaterne er i parantes angivet forskellene i nedvaskning fra år til år eller fra forsøgsled til forsøgsled. De ret store forskelle, der kan forekomme, illustrerer tydeligt, hvor vanskeligt det er at foretage repræsentative gennemsnitsberegninger af kvælstofnedvaskningen både over tiden (flere år) og for forskellige afgrøder og forskellige lokaliteter (jordtyper).

KlimafaktorerneTabel 2.5.4. Klimafaktorerens betydning belyst ved nedvaskning efter udbringning af husdyrgødning (gylle) på forskellige tidspunkter. (Kjellerup, 1989, igangværende lysimeter-undersøgelser).

<u>År</u>	<u>Kvælstof-nedvaskning, g NO<sub>3</sub>-N/m<sup>2</sup>/år</u> <u>ved udbringningstidspunkt</u>			<u>Nedbør,</u> <u>gns.</u> <u>mm/år</u>
	<u>sept./okt.</u>	<u>dec.</u>	<u>april</u>	
<u>Bevokset</u>				
(Hvede)				
Sand 87/88-88/89 (JB1)	13,0 (12,3-13,7)	10,9 (8,9-12,8)	3,9 (3,7-4,1)	1039
Ler 87/88-88/89 (JB7)	13,3 (12,8-13,7)	7,4 (6,7-8,0)	5,3 (5,1-5,4)	1039
<u>Ubevokset</u>				
Sand (JB1) 85/86	19,1	9,8	3,6	972
Ler (JB7) 85/86	13,6	4,9	3,9	972
Sand (JB1) 84/85, 86/87	12,9 (11,3-14,4)	6,2 (5,0-7,3)	3,1 (2,6-3,6)	771
Ler (JB7) 84/85, 86/87	6,9 (3,2-10,5)	2,8 (1,5-4,1)	2,0 (1,4-2,6)	771

Resultaterne i tabel 2.5.4 viser, at nedvaskningen formindskedes betydeligt (i nærværende forsøg med 60-80%) ved at udbringe gødningen i april i stedet for i sept/okt.

Den store forskel i nedvaskningen kan forklares ved, at der i efterårets løb har været betingelser i jorden for omsætning af den udbragte husdyrgødning til nitrat. Da planterne (hvede) enten har været for små til at optage væsentlige mængder mineraliseret kvælstof eller jorden har været ubevokset, er kvælstoffet blevet nedvasket i efterårets og vinterens løb. Det kan bemærkes, at resultaterne repræsenterer år både med stor nedbør, 87/88-88/89, og med mere normal nedbør 84/85, 86/87.

Det skulle forventes at nedvaskningen var større i sand- end lerjord. Dette gælder også for årene 84/85, 85/86 og 86/87. Når der i 87/88-88/89 ikke kunne konstateres jordtypeforskelle, kan dette skyldes, at nedbøren 87/88-88/89 har været så stor, at jorden er blevet "gennemvasket" uanset dennes vandholdende evne.

AfgrødenTabel 2.5.5. Afgrødedækkets betydning ved nedvaskning efter anvendelse af husdyrgødning (gylle).

	Kvælstofnedvaskning		Referencer
	År	g NO <sub>3</sub> -N/m <sub>2</sub> /år	
Byg efter byg, sandjord (JB1)	87/88-88/89	8,9 (6,7-11,0)	1)
Byg med efterafg., sandj. (JB1)	87/88-88/89	5,7 (1,8-9,5)	1)
Byg efter byg, lerjord (JB5)	87/88-88/89	3,6 (3,0-4,1)	1)
Byg med efterafg., lerj. (JB5)	85/86-86/87	1,6 (1,5-1,7)	2)
Hvede efter hvede, lerjord (JB5)	86/87	3,3 (2,4-4,1)	2)
Vedvarende græs, lerjord (JB5)	85/86-86/87	1,3 (0,6-1,9)	2)

- 1) Simmelsgaard og Djurhuus, 1988. Markforsøg.  
Djurhuus, 1989, igangværende undersøgelse. Markforsøg.
- 2) Klausen, 1987. Lysimeterforsøg.

Resultaterne i tabel 2.5.5 viser, at et længerevarende plantedække som byg med efterafgrøde eller vedvarende græs medfører tydelig nedsættelse af kvælstofnedvaskningen i forhold til byg efter byg. Årsagen hertil er, at planterne optager mineralsk kvælstof i efterårsperioden, hvor der ellers kan ske kvælstofnedvaskning.

Kvælstofnedvaskningen er forskellig for sandjord og lerjord, men på begge jordtyper har et afgrødedække om efteråret nedsat nedvaskningen. De viste resultater illustrerer den generelt positive miljømæssige virkning af "grønne marker" i landbruget.

### Kvælstoftilførslen

**Tabel 2.5.6.** Kvælstoftilførselens betydning for kvælstofnedvaskningen på lerjord ved tilførsel af husdyrgødning (gylle).

Sædskifte/ afgrøde	År	Kvælstoftilførsel		Kvælstofnedvaskning			Referencer
		N-niveau	g tot-N pr. m <sub>2</sub>	g NO <sub>3</sub> -N/ m <sub>2</sub> /år	% af tilført		
					To-	Mer-	
					tal	nedva-	
						sket**)	
Roer/byg/ rajgræs/ byg	1974-83	½ N	10,4	5,2	50	-	1)
		1 N*)	20,8	5,9	28	-	1)
		2 N	41,6	9,6	23	-	1)
Hvede	86/87	0 N	0	1,8	-	-	2)
		1 N*)	20,7	3,9	19	10	2)
		1½ N	31,1	6,4	20	15	2)
				(2,9-5,0)			
				(5,6-6,9)			
Vedvarende græs	85/86- 86/87	0 N	0	1,4	-	-	2)
		1 N*)	53,1	1,3	3	0	2)
		1½ N	79,7	2,0	3	1	2)
				(0,3-2,9)			
				(0,6-1,9)			
				(1,2-2,5)			

\*) 1 N: Normaldosering til sædskiftet eller afgrøden.

\*\*) Nedvaskningen i kvælstofgødede led minus nedvaskningen i det ugødede led.

1) Efter Larsen og Kjellerup, 1989. Lysimeterforsøg.

2) Klausen, 1987. Lysimeterforsøg.

Resultaterne i tabel 2.5.6 viser, at kvælstoftilførsel øger nedvaskningen, og at stigningen er størst ved den største tilførsel af kvælstof. Den øgede nedvaskning skyldes givetvis især to forhold. Dels øges mængden af planterester og kvælstofkoncentrationen heri, og dels øges den tilførte mængde af organisk bundet kvælstof med stigende tilførsel af husdyrgødning.

Resultaterne for hvede og vedvarende græs illustrerer kvælstoftilførselens varierende indflydelse på nedvaskningen. Ved hvede var nedvaskningen uden kvælstoftilførsel ("baggrundsnedvaskningen") ca. halvt så stor som nedvaskningen ved normaltilførsel. Ved græs var der ikke forskel i nedvaskningen uden kvælstoftilførsel og ved normaltilførsel. "Baggrundsnedvaskningen" kan således udgøre en væsentlig og varierende del af den samlede nedvaskning fra landbrugsafgrøder.

Mernedvaskningen er et udtryk for den umiddelbare virkning (1. års virkning) af den tilførte gødning på nedvaskningen. Sættes mernedvaskningen i relation til kvælstoftilførslen fås en lavere nedvaskningsprocent af tilført gødning som vist i tabellen under kolonnen: Mernedvaskning.

På længere sigt vil den tilførte gødning også påvirke "baggrunds-nedvaskningen", idet gødningstilførslen er med til at opretholde den pulje af organisk bundet kvælstof i jorden, hvorfra der sker mineralisering og dermed mulighed for nedvaskning af nitratkvælstof.

Den specifikke afgrødes kvælstofoptagelse er en dominerende faktor. Af tabel 2.5.6 fremgår, at kvælstoftilførslen har været ca. 2,5 gange større til græs end til hvede. På trods heraf var nedvaskningen i græsafgrøden dog alligevel i gennemsnit mindre end nedvaskningen efter hveden. Kvælstoftilførslens indflydelse på nedvaskningen skal således ses i relation til afgrøden.

#### Konsekvenser af nedvaskningen

Den væsentligste konsekvens af nedvaskningstab af kvælstof er en næringssaltbelastning af vandmiljøet, hvilket kan bevirke flora- og fauna-ændringer i uheldig retning i overfladevandet, samt forringet drikkevandskvalitet p.g.a. øget nitratindhold i grundvandet.

En anden konsekvens er nedsat planteudnyttelse af kvælstofressourcerne i landbruget, som medfører et øget behov for indkøb af handelsgødningskvælstof.

#### **2.5.5 Denitrifikation**

Denitrifikation er en mikrobiologisk proces, hvorved nitrat reduceres til de gasformige forbindelser kvælstofforilte (lattergas) og atmosfærisk kvælstof. Denitrifikationsprocessen foregår, når letomsætteligt organisk stof, nitrat og et lavt iltindhold er til stede i jorden samtidig. I landbrugsjord er det normalt iltindholdet, der er bestemmende for processen. Da iltindholdet i jord er afhængig af jordens tekstur og struktur, er der de største muligheder for denitrifikation på lerjorde. Ved tilførsel af husdyrgødning kan nedbrydningen af denne forårsage iltfattige forhold i meget lokale områder i jorden, og dermed lokale muligheder for meget stor denitrifikationsaktivitet. Endvidere er denitrifikationen afhængig af både jordtemperatur og jordfugtighed. Disse forhold bevirker, at målingerne af denitrifikation udviser en meget stor tidslig og rumlig variation.

Denitrifikationen på husdyrgødede arealer under danske forhold er belyst dels i nogle afsluttede undersøgelser (Lind, 1985 og Maag, 1989) og dels i igangværende forsøg (Lind, 1989 og Lind et al., 1989).



Lind (1985) undersøgte koncentrationen af kvælstofforilte i jordluften over en periode på 3 år i et forsøg på sandblandet lerjord ved Askov, hvor der også blev anvendt forskellige mængder husdyrgødning. Variationerne i kvælstofforilte-koncentrationerne var store, og der var kun en svag tendens til stigende kvælstofforilte-koncentration med stigende mængde tilført gylle.

Maag (1989) undersøgte denitrifikationstabet over en 4-årig periode på en sandblandet lerjord ved Roskilde Forsøgsstation. Jorden blev dyrket med byg og tilført svinegylle (80 og 320 kg ammoniumkvælstof pr. ha) eller uorganisk gødning (40 og 160 kg ammoniumkvælstof pr. ha). De beregnede årlige tab varierede mellem 10 og 200 kg kvælstof pr. ha. De laveste denitrifikationstab forekom i år med tør jord og i forsøgsleddene med lav kvælstofmængde. De højeste tab forekom i led med store mængder husdyrgødning og i år med stor nedbørsmængde.

I igangværende undersøgelser ved Jyndevad, Askov og Ødum forsøgsstationer undersøges denitrifikationstabet fra husdyrgødede arealer på forskellige jordtyper (Lind et al., 1989 og Lind, 1989). På den grovsandede jord ved Jyndevad fandtes denitrifikationstabet at være forsvindende lille.

På grundlag af disse undersøgelser har Lind (1989) opstillet nogle foreløbige størrelser for denitrifikation fra husdyrgødede arealer afhængig af jordtype og nedbørsmængde. Disse foreløbige tal er angivet i tabel 2.5.7. Denitrifikationen kan dog som nævnt udvise meget stor tidslig og rumlig variation, og det er derfor særdeles betænkeligt at angive årlige gennemsnit. Endvidere kan det ikke udelukkes, at mangeårig tilførsel af store mængder husdyrgødning til arealer generelt kan forøge niveauet for denitrifikationen p.g.a. ophobning af organisk stof.

Tabel 2.5.7. Foreløbigt skøn over denitrifikation på arealer med tilførsel af husdyrgødning under danske forhold (Lind, 1989).

Jordtype	Nedbørsmængde	Denitrifikation kg N/ha/år
Sandjord	lille	0
	stor	2-10
Lerjord	lille	5-15
	stor	20-60

De i tabel 2.5.7 angivne intervaller dækker de senere års danske undersøgelser, i øvrigt understøttet af udenlandske undersøgelser under tilsvarende forhold.

### 2.5.6 Ammoniakfordampning fra planter

Nyere resultater viser, at ammoniak kan afgives direkte fra planternes overjordiske dele til den omgivende luft (Sommer et al., 1989 og Schjørring et al., 1989). Ved klimakammerforsøg og markforsøg er i visse situationer konstateret en betydelig ammoniakafgivelse fra bygplanter, især i sidste del af vækstperioden. Der er målt ammoniakfordampning varierende mellem 0,05 og 0,5 kg N pr. ha pr. døgn. Størrelsen af dette tab er derfor særdeles usikkert.

### 2.5.7 Muligheder for optimal kvælstofudnyttelse og reduktion af tab

Planternes kvælstofoptagelse og kvælstofnedvaskningen er processer, som gensidigt påvirker hinanden. Kvælstofnedvaskning er en uundgåelig følge af landbrugsdrift. Men som det fremgår af de viste forsøgsresultater, kan den på flere måder nedsættes og planteoptagelsen forbedres. Især ved anvendelse af husdyrgødning er det vigtigt at bære sig "rigtigt" ad. Dette hænger bl.a. sammen med den tidligere nævnte fraktion af organisk bundet kvælstof i husdyrgødning. Frigivelsen af planteoptageligt og af nedvaskeligt kvælstof fra denne fraktion er styret af naturgivne faktorer, som er virksomme uanset dyrkningspraksis. Det drejer sig om at "opfange" det frigivne kvælstof i planterne, og derved undgå nedvaskning. De samme dyrkningsforanstaltninger vil derfor som regel påvirke både afgrødernes kvælstofudnyttelse og nedvaskningen.

Summarisk kan forholdsreglerne for størst mulig optagelse og mindst mulig nedvaskning af kvælstof fra husdyrgødning sammenfattes i følgende punkter:

- til rette tid
- i rette mængde
- til rette afgrøde.

#### Udbringningstid

Husdyrgødningen skal udbringes i rette tid i forhold til planternes vækst. Det vil som regel være perioden fra sent på vinteren til slutningen af juni måned, afhængig af afgrøde og driftsforhold. Efterårsudbringning bør undgås, idet det medfører risiko for betydelig nedvaskning (se tabel 2.5.4) og dårligere udnyttelse af husdyrgødningen. Risikoen for nedvaskning ved efterårsudbringning vil dog være mindst ved udbringning af gødning med et højt C/N-forhold, f.eks. dybstrøelse og velomsat kompost.

Udbringning sent på vinteren vil især være aktuel til vintersæd. Udbringning må her ske under forhold, som minimerer ammoniakfordampningen (se afsnit 2.4) og således, at der ikke sker overfladeafstrømning af næringsstoffer. Der kan eventuelt også udbringes gødning til vårafgrøder sent på vinteren, såfremt nedbringning (nedpløjning) kan ske umiddelbart efter udbringning.

Til forårssåede afgrøder kan udbringning endvidere finde sted om foråret. Med den nuværende teknik vil det som regel ske med efterfølgende forårspløjning. Dette kan være uheldigt på svære lerjorde,

idet forårspløjning kan medføre et ringere såbed end efterårspløjning. Under disse forhold kan det være ønskeligt at udbringe gødningen efter såning. Hertil er teknikken dog endnu ikke veludviklet.

Ved udbringning i en voksende afgrøde i perioden forår-juni måned er der normalt kun ringe risiko for nedvaskning af kvælstof, og desuden normalt gode betingelser for næringsstoffoptagelse i planterne. Udbringning i denne periode vil være aktuell i græs og vintersæd og ved delt udbringning i vårsæd. Gødningen kan bredspredes over planterne, såfremt klimaforholdene betinger dette (fugtigt vejr, nedbør efter udbringning). Den sikreste udnyttelse vil dog opnås, såfremt gødningen nedbringes i jorden i afgrøden. I rækkeafgrøder som roer og majs og i græs er der principielt muligheder herfor, dog kræves der tilpasning af den eksisterende teknik. Til nedbringning i korn-, olie- og frøafgrøder er der endnu ikke udviklet anvendelige dyrkningssystemer og passende teknik.

Nye forsøg har vist, at der kan opnås en god udnyttelse af gylle ved udlægning med slæbeslanger. Ved anvendelse af svinegylle til vintersæd i foråret er der opnået en erstatningsværdi på 60. Ved anvendelse af kvæggylle var erstatningsværdien dog noget mindre (Oversigt over landsforsøgene, 1989).

#### Udbragt mængde

Næringsstofforforslen med husdyrgødning skal afpasses efter afgrødernes behov. Ved for stor tilførsel stiger nedvaskningen og udnyttelsen forringes.

Ved udbringning inden for den foran anførte periode og ved hurtig og omhyggelig nedbringning er der i flere forsøg fundet samme virkning (1. års virkning) af ammoniumkvælstoffet i husdyrgødning som total-kvælstof i handelsgødning. I andre forsøg, især med afgrøder med kort vækstsæson som vårbyg, er der fundet lidt ringere virkning af ammoniumkvælstof i husdyrgødning end af total-kvælstof i handelsgødning.

Ved dosering af husdyrgødning efter ammoniumkvælstof vil der dog ofte tilføres overskud af især fosfor og i nogle tilfælde kalium. En kombineret anvendelse af handels- og husdyrgødning vil derfor oftest give den bedste udnyttelse af næringsstoffressourcerne i husdyrgødningen. Dette kan evt. opnås ved at tilføre husdyrgødning efter afgrødernes fosforbehov og så supplere med kvælstof og evt. kalium i handelsgødning.

#### Afgrøde

Afgrøder med en lang vækstsæson som græs og roer har større mulighed for at udnytte det organisk bundne kvælstof i husdyrgødningen efterhånden som dette mineraliseres, end afgrøder med en kort vækstsæson som byg. Derfor er kvælstofudnyttelsen normalt størst og nedvaskningen mindst ved et længerevarende plantedække (se tabel 2.5.5).

I overensstemmelse hermed kan kvælstofnedvaskningen ved bygdyrkning formindskes og planteudnyttelsen øges ved anvendelse af efterafgrøder, fordi perioden for optagelse af kvælstof forlænges.

Husdyrgødningens organisk bundne kvælstof medfører således, at gødningen først og fremmest bør anvendes i forbindelse med et længerevarende plantedække, hvad enten dette opnås ved anvendelse til roer, majs, græs, m.v. eller til kornafgrøder med efterafgrøder.

#### Denitrifikationstab

Det synes vanskeligt at påvirke og generelt reducere tabet af kvælstof ved denitrifikation. Den væsentligste mulighed er formentlig at søge at sikre et optimalt luftskifte i jorden. Dette kan f.eks. ske gennem dræning af lerjord og ved optimal jordbearbejdning og god fordeling af husdyrgødningen under udbringning. En ensartet, god iltkoncentration i jorden kan hæmme denitrifikationsprocesserne og vil samtidig forbedre planternes vækst og dermed muligheden for kvælstofudnyttelse. Anvendelse af nitrifikationshæmmere har desuden i udenlandske forsøg vist sig at kunne reducere denitrifikationen (Pain et al., 1990).

#### **2.5.8 Behov for forskning og udvikling**

I. Undersøgelser vedr. forbedret dyrknings- og gødskningspraksis med henblik på en forbedret kvælstofudnyttelse, herunder hvilke fordele og ulemper der er knyttet hertil og/eller praktiske problemer, der skal løses.

På baggrund heraf kan der opstilles nedenstående forslag til en forstærket forskningsindsats:

1) Optimal kombination af husdyr- og handelsgødningstilførsel.

Udgangspunktet kunne her være dosering af husdyrgødningen ud fra fosforindholdet og supplerung med kvælstof eller kalium i handelsgødning. Behov for kontrol og styring af dosering er omtalt i afsnit 2.4.5. En bedre fordeling kan medføre behov for øget transport, idet dosering efter fosfor ofte vil kræve et større arealgrundlag end dosering efter kvælstof.

I kombinationsforsøgene bør vægten lægges på udbringning af husdyrgødning umiddelbart forud for eller i vækstsæsonen for at nedsætte nedvaskningen af kvælstof. Der bør anvendes udbringningsteknik, der minimerer fordampningstab af ammoniak.

Der er igangsat forsøg på området ved Askov Forsøgsstation.

Kombineret gødskning med handels- og husdyrgødning undersøges endvidere i de landøkonomiske foreninger.

2) Husdyrgødningens udnyttelse ved udbringning i vækstsæsonen.

Husdyrgødningens virkning bør undersøges ved engangs- eller delt udbringning i relation til afgrøde og jordtype. Ligeledes bør nye udbringningsteknikkers indflydelse på udnyttelsen undersøges.

Det bør vurderes og undersøges, om plantedyrkingen i højere grad end tilfældet er i dag kan tilpasses med henblik på optimal

anvendelse af husdyrgødning gennem ændrede dyrkningsssystemer. Der kan f.eks. peges på såning af kornafgrøder på dobbelt rækkeafstand for at muliggøre direkte nedfældning af gødning i vækstsæsonen, behovet for anvendelse af grønne marker for at opfange mineraliseret kvælstof fra husdyrgødning udbragt til kornafgrøder m.v. Indledende forsøg er igangsat ved Askov Forsøgsstation.

Ved udbringning i vækstsæsonen kan det være vanskeligt at få gødningen nedbragt i jorden. Det er derfor endvidere vigtigt at undersøge fordampningstabets størrelse ved forskellige udbringningsmetoder og afgrødeforhold i vækstsæsonen (jvf. afsnit 2.4.5).

- 3) Evt. afprøvning i dyrkningsforsøg af husdyrgødning behandlet på forskellig måde.

Her tænkes på afprøvning af husdyrgødning efter f. eks. separering, opkoncentrering (bl.a. ved inddampning eller omvendt osmose), kemisk behandling (bl.a. forsuring eller tilsætning af næringssalte for at undgå fordampning af ammoniak) eller kompostering.

- II. Udnyttelsen af det organisk bundne kvælstof i husdyrgødning, og omsætningerne knyttet til jordens kvælstofpulje er utilstrækkeligt kendt. Herunder er mulighederne for kvantificering af tabene især gennem denitrifikation og ammoniakfordampning samt gennem kvælstofnedvaskning endnu mangelfulde.

Det er bl.a. en vigtig forudsætning for at udvikle operative og pålidelige modeller for kvælstofomsætningen, at ovennævnte huller i den eksisterende viden bliver udfyldt.

Hertil kommer, at foreliggende undersøgelser over husdyrgødningens gødningsværdi under forskellige omstændigheder er vanskelige at sammenholde, dels fordi de er gennemført under forskellige forhold, dels fordi virkningen er belyst på forskellige måder.

Der er derfor behov for forskning og udvikling på bl.a. følgende områder

- omsætning, plantetilgængelighed og tabsmuligheder for den organisk bundne del af husdyrgødningens kvælstofindhold, bl.a. i relation til jordens pulje af organisk kvælstof
- samkøring af foreliggende statistiske data mv, der p.t. ligger hos forskellige institutioner med henblik på at analysere og præcisere sammenhæng på basis af foreliggende empiriske underøgelsesresultater
- udbygning af fremtidige forsøg vedørende kvælstofudnyttelse og optagelser, således at sammenhæng mellem afgrøder, husdyrgødningssammensætning og -mængder, ud- og nedbringningsmetoder, jordtyper og klimaforhold er velbelyst.

På denne baggrund foreslås følgende undersøgelser:

1) Undersøgelser af gødningsvirkningen og tabsmulighederne knyttet til det organisk bundne kvælstof. Dette kan foregå gennem studier af omsætningsprocesserne for organisk stof i husdyrgødning og i jorden, bl.a. gennem anvendelse af  $^{15}\text{N}$ -mærket husdyrgødning. Formålet vil bl.a. være, at kvantificere mineraliserings- og immobiliseringsprocesserne samt planteoptagelse og tab af næringsstoffer i relation til de processtyrende faktorer.

2) Samkøring af foreliggende EDB-registrerede data, med henblik på at inddrage flere faktorer i analyser af de sammenhænge, der påvirker kvælstofudnyttelsen.

Der foreligger således et betydeligt datamateriale vedrørende husdyrgødningens anvendelse i planteproduktionen, bl.a. ved Askov Forsøgsstation og ved Landskontoret for Planteavl. Disse forsøg er gennemført under forskellige klimatiske forhold, på forskellige jordtyper og i forskellige afgrøder og sædskifter. Resultaterne indeholder derfor en betydelig viden om næringsstofudnyttelsen ved anvendelse af husdyrgødning under forskellige vilkår.

Endvidere er der gennem de seneste 10-15 år indsamlet en betydelig mængde jorddata ved Afdeling for Arealdata og Kortlægning. Alle data er EDB-lagret, og der er udviklet systemer, som muliggør EDB-mæssig anvendelse af disse jorddata i forskellige sammenhænge.

Desuden er de klimatiske forhold i Danmark målt gennem mange år ved en lang række stationer, herunder statens forsøgsstationer. Ved Afdeling for Jordbrugsmeteorologi belyses sammenhængen mellem klima og planteproduktion, bl.a. gennem anvendelse af modeller. Her findes også lagret alle danske klimadata siden 1971 på EDB-medium. For forsøgsstationerne findes alle data siden 1951 på EDB. Data er lagret i en database, som muliggør en fleksibel og hurtig anvendelse.

3) Udvidet samarbejde mellem relevante institutioner, bl.a. Statens Planteavlsforsøg og Landskontoret for Planteavl om at analysere sammenhæng mellem jordtype, klima, driftsmønster, mineralisk kvælstof i jorden, kvælstofoptagelse og nedvaskning, med henblik på udnyttelse i systemmodellen vedrørende kvælstofomsætning på bedriftsniveau.

Dette kan bl.a. ske gennem videreførelse af et samarbejde vedrørende udnyttelse af data fra de 800 punkter i kvadratnettet for nitratundersøgelser.

### **3. SYSTEMBESKRIVELSE OG SYSTEMMODEL**

#### **3.1 Systembeskrivelse**

##### **3.1.1 Formål**

Systemmodellen beskriver rammen og de principper, som skal ligge til grund for en beregningsprocedure på EDB (PC-niveau). Beregningernes formål er at redegøre for udnyttelsen af kvælstof i husdyrgødning på en vilkårlig landbrugsbedrift under de individuelle forudsætninger, som gælder for denne.

I takt med forøget viden på området vil modellens detaljeringsgrad kunne udbygges. Modellen vil også kunne påpege væsentlige mangler i den eksisterende viden og ikke mindst manglende sammenhæng i den eksisterende viden.

Modellen vil ligeledes kunne udbygges fra den her beskrevne procesmodel til en egentlig bedriftsmodel, der for en konkret bedrift kan vurdere konsekvenserne af forskellige dyrkningssystemers indflydelse på miljø, gødningstildeling, udbytte og økonomi. Dette kræver bl.a., at modellen udvides til også at omfatte husdyrgødningens indhold af fosfor og kalium samt størrelse, udformning og kapacitet af bedriftens samlede produktionssystem.

##### **3.1.2 Hovedprincip**

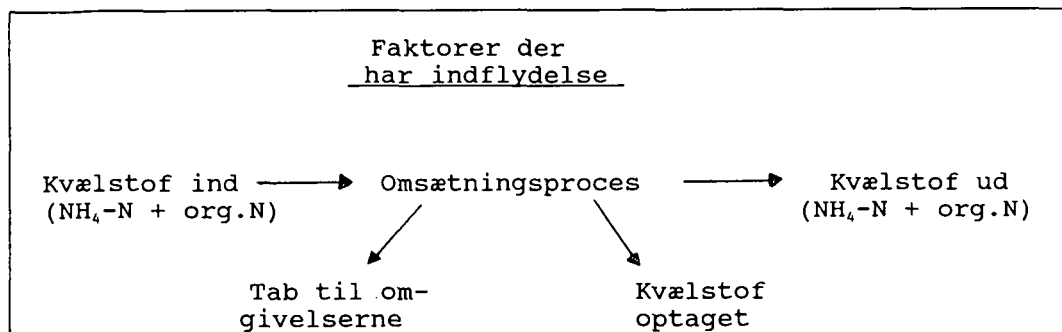
Modellen er struktureret i de samme 5 procestrin, som er beskrevet i afsnit 2.

- 1) Foderomsætning og gødningsproduktion
- 2) Gødningsomsætning i stald
- 3) Gødningslagring og -behandling
- 4) Gødningsud- og nedbringning
- 5) Kvælstofomsætning i jord og optagelse i afgrøderne.

For hver af disse procestrin er taget udgangspunkt i den foreliggende viden, bl.a. hvad angår de faktorer, der især er af betydning for de enkelte trin i omsætningen. Samtidig opstilles de krav til data og beregningsmetoder, der anses at være behov for, hvis modellen skal anvendes i praksis. Dette påviser samtidig, hvor der er væsentlige mangler i den eksisterende viden.

##### **3.1.3 Grundmodel**

For hver proces redegøres for følgende grundmodel:



Redegørelse vedrørende massebalancer standardiseres således, at alle kvælstofmængder i nye led i omsætningen ved den pågældende proces udtrykkes i % af kvælstofmængden ind.

Til belysning af visse forhold, såsom fordampning, er der også behov for at kende koncentrationen af kvælstof.

På dette grundlag er opstillet en sammenhængende model, der skal være udgangspunktet for udvikling af en EDB-beregningsrutine (på en PC'er) for kvælstofomsætningen på den enkelte landbrugsbedrift.

### 3.1.4 Parametertyper

Med parametre menes faktorer, der har direkte betydning for kvælstofomsætningen.

I systemmodellen skelnes mellem procesparametre og situationsparametre.

Procesparametre er de parametre, som lægges ind i systemmodellens dataprogram, og som der helt generelt kan opereres med. Disse kan f.eks. vedrøre fysiske eller kemiske eller biologiske forhold. Det kan f.eks. være værdier for kvælstofindhold i foder, ammoniakfordampning eller kvælstofoptagelse i planter udtrykt som procenter eller faktorer.

Situationsparametre er de parametre, som i hver enkelt situation (eller case) fastlægger, hvilke procesparametre, der skal opereres med. Disse sidstnævnte kan så i den enkelte situation være faste eller variable. Varies benyttes til konsekvens- eller følsomhedsanalyser.

Situationsparametre kan f.eks. være overordnede faktorer såsom besætningens art og -type, gødnings- og staldsystem, spredningsprincip, specifik afgrøde, jordtype, sædskifte osv.

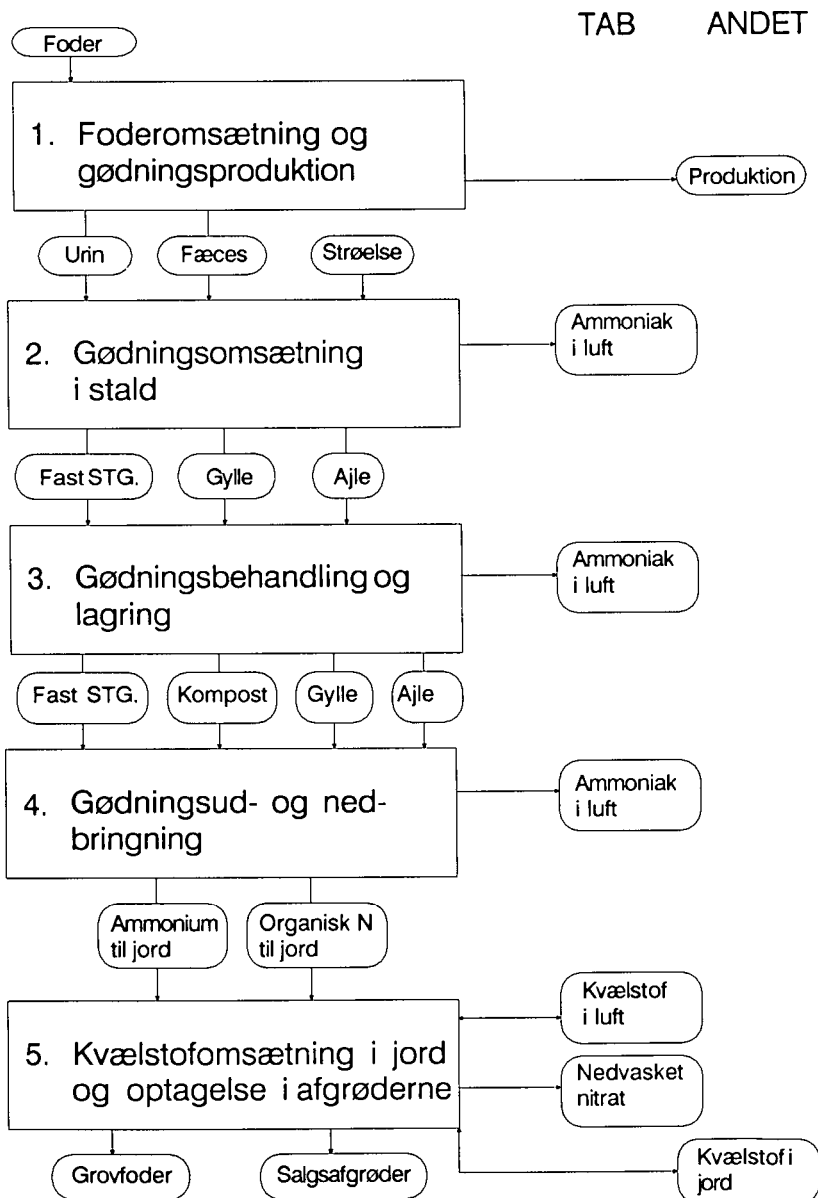
Generelt ligger procesparametre i programmet og situationsparametre er input ved hver kørsel.



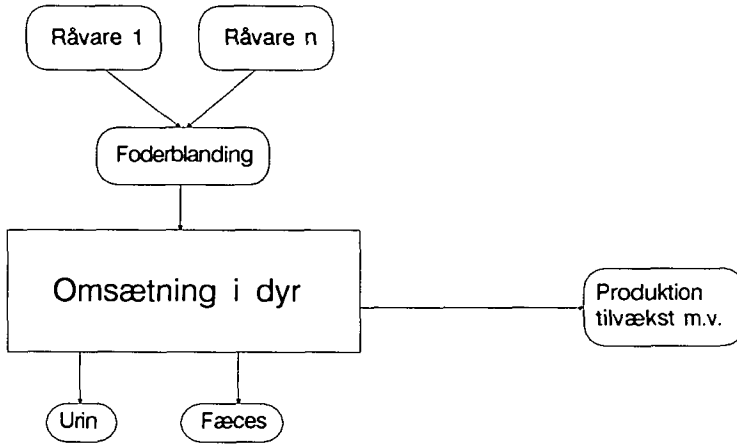
### 3.1.5 Systemstruktur

Systemstrukturen er beskrevet på 2 niveauer:

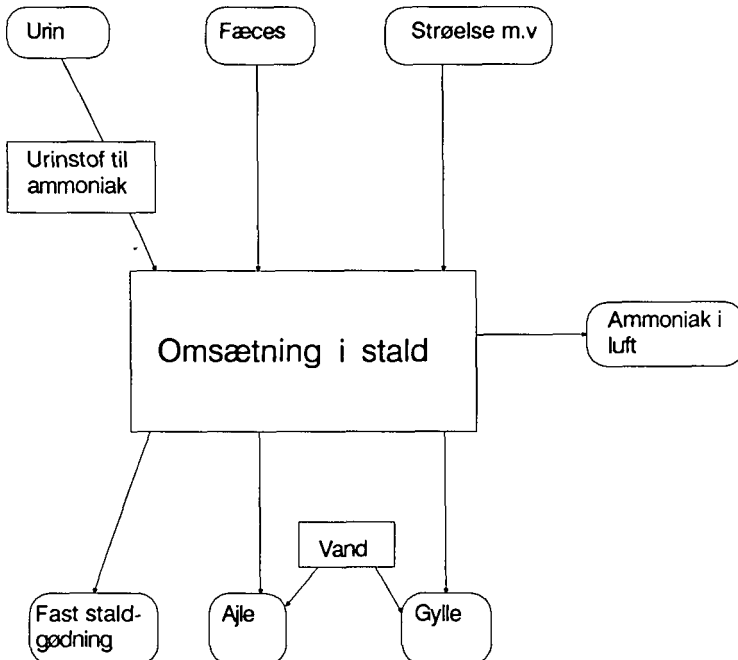
1. Diagram, som viser den overordnede sammenhæng mellem de nævnte 5 procestrin.
2. Diagram for hver af de 5 delprocesser, der viser sammenhængen mellem input/omsætning/output, herunder tab til omgivelserne.



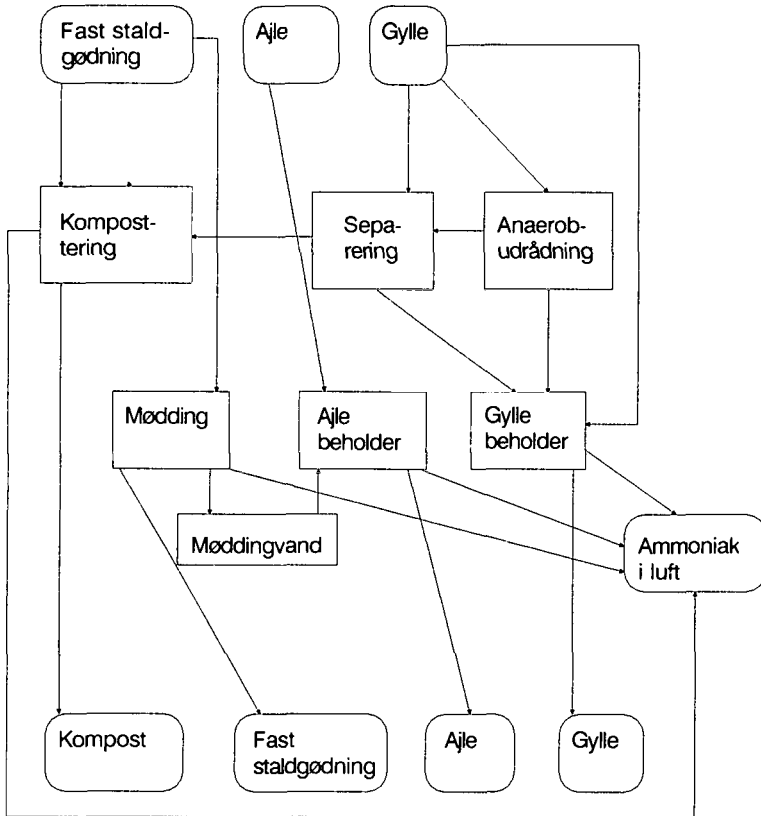
### 1. Foderomsætning og gødningsproduktion



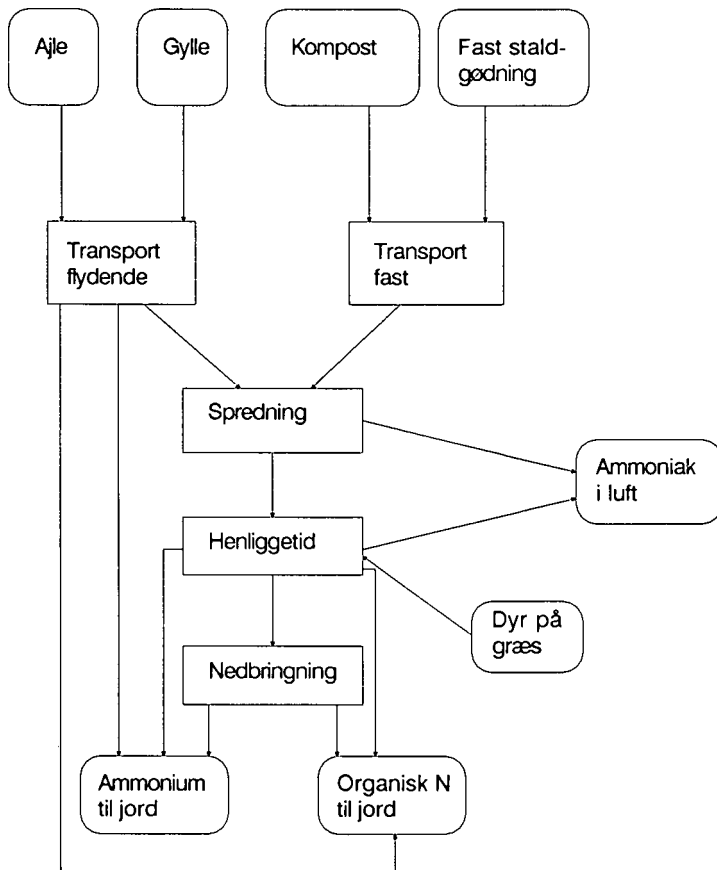
### 2. Gødningsomsætning i stald



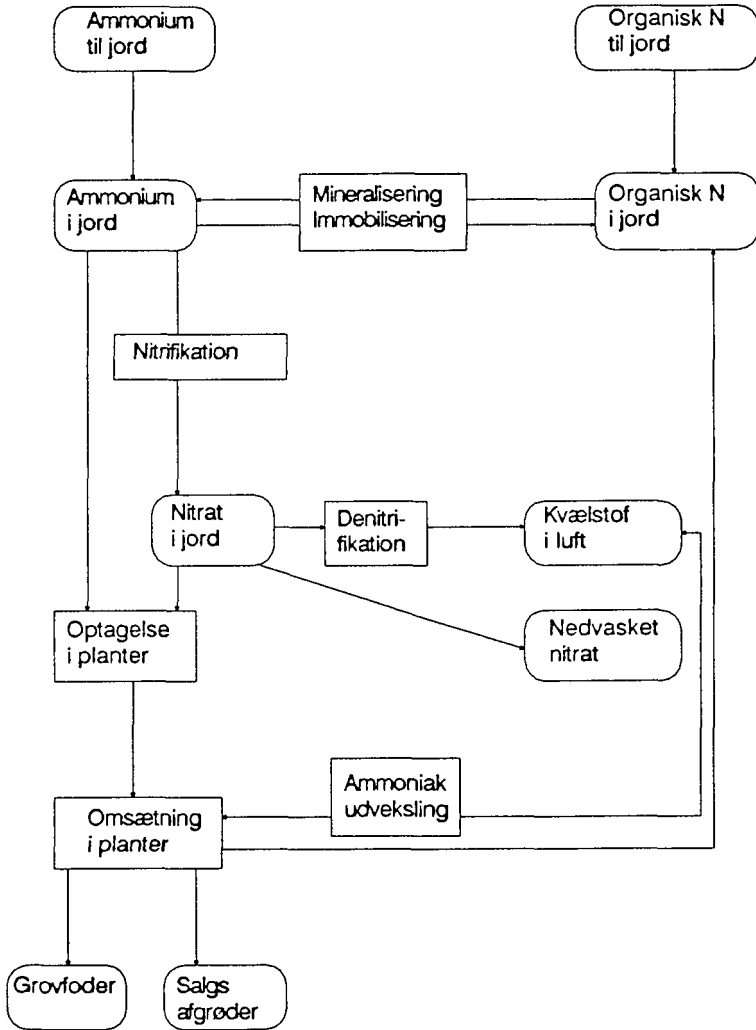
### 3. Gødningsbehandling og lagring



#### 4. Gødningsud- og nedbringning



5. Kvælstofomsætning i jord og optagelse i afgrøderne



### 3.2 Systemmodel

Systembeskrivelsen af husdyrgødningens anvendelse kan på længere sigt danne grundlag for udarbejdelse af en EDB-model.

Grundbestanddelen i modellen er de beregningsmæssige sammenhænge ud fra systembeskrivelsen med anvendelse af tabeller, data og formler. Det er således en algoritme med en række procesparametre.

I den aktuelle situation må man til modellen specificere de forhold, som man ønsker beregning for, d.v.s. situationsparametre for aktuelle forhold som jordbund, dyreart, staldsystem etc.

Modellen skønnes ikke at blive beregningstung, d.v.s. det er realistisk at forestille sig den anvendt som dialogprogram på brugerniveau.

#### **3.2.1 Anvendelse**

Systemmodellen kan, når tilstrækkelig viden og data foreligger, beregne og kvantificere omsætningskæden for husdyrgødningens kvælstof på den enkelte landbrugsbedrift, og således indgå som et beslutningsværktøj i rådgivningstjenesten.

Mere overordnet kan modellen anvendes som et hjælpemiddel i forskning og undervisning, samt anvendes til følsomheds- og konsekvensanalyse af enkelte led i kæden. Sidstnævnte kan direkte være et værktøj til at udpege de led i den totale omsætningskæde, som giver de største tab, d.v.s. som vil være mest relevant at sætte ind på forsknings- og undersøgelsesmæssigt eller med ændring af drift/adfærd.

#### **3.2.2 Data- og videngrundlag**

Med henblik på en fremtidig udvikling af en sådan model, har arbejdet omfattet en vurdering af i hvilket omfang der eksisterer eller kan frembringes sådanne data eller beregningsmæssige sammenhænge, som er nødvendige for at udvikle en korrekt model af virkeligheden.

Det er oplagt, at der ikke findes det fornødne grundlag for en operationel model i dag, men det vurderes muligt at opnå dette over en årrække. Efterhånden som forskningsprojekter klarlægger og kvantificerer ny viden, så kan denne implementeres i modellen. Den løbende udvikling betyder, at modellens rolle som inspirator, katalysator og værktøj således bibeholdes, fordi modellen forfines parallelt med forskningen.

#### **3.2.3 Prototype**

På det nuværende grundlag er udarbejdet en prototype til en systemmodel, således at det er muligt at demonstrere anvendelsen af en model, herunder demonstrere og opnå erfaringsgrundlag med såvel begrænsninger som fremtidige muligheder.

Der er valgt nogle cases, som består af et stærkt begrænset antal af alle variationsmuligheder. Det nødvendige datagrundlag for beregning i disse tilfælde er implementeret i modelprogrammet uden hensigt om at gøre dette i optimal detaljeringsgrad.

Prototypen er således primært et værktøj til demonstration af de fremtidige anvendelsesmuligheder for modellen, efterhånden som datagrundlaget forbedres. Prototypen foreligger som køreklar EDB-program, og kan anvendes som om det var den færdige systemmodel. Blot er detaljeringsgraden af beregningsmæssige sammenhænge lav, ligesom det er et begrænset antal situationer (cases), som den kan beregne for.

Det foreliggende modelprogram er beskrevet i appendix ("Beskrivelse af demonstrationsmodellen HUGO - en model for kvælstof i husdyrgødning"). Udviklingen af den har desuden medvirket til at tydeliggøre kravet om detaljeret systembeskrivelse og ikke mindst kvantificeringen i denne, herunder koordineringskravet mellem de forskellige forskningsresultater. Beregningsmodellen kræver i højere grad end sædvanligt en stillingtagen til forudsætninger, metoder og enheder, for at resultater fra særskilte forsøg kan kobles beregningsmæssigt sammen.

Prototypen kan give brugeren en forståelse af de skitserede muligheder med en færdig model. Prototypen viser, at de anvendelsesmæssige betragtninger i afsnit 3.2.1 er realistiske.

#### **3.2.4 Beregningseksempel**

Med den ovennævnte demonstrationsudgave af en systemmodel på EDB kan der vælges ud fra 12 situationsparametre, med gennemsnitlig 4 variationsmuligheder. Dette omfatter en stærkt forenklet udgave af systembeskrivelsen omtalt i afsnit 3.1

AKTUELLE SITUATIONSPARAMETRE :

Dyr valgt : slagtesvin (3.6 på et år)

Fodermængde fast : 880 FE/år

Foderkvalitet fast : 25 kg N/år

Staldsys. valgt : gylle/højt tørstof

Opholdstid i stald : helårsstald

Udbringningstidspunkt valgt : forår

Temperatur ved udbringning : 8

Udbringningsvej : ugunstigt

Jordtemperatur : gødning på ikke frossen jord

Spredeværktøj : pendulspreder

Nedbringningsmetode : på jord m/nedpløjning

Nedbringningstidspunkt : straks

pH i gødning : høj

Jordtype valgt : lerjord

Afgrøde valgt : vårraps

-----

Valgte case har reference: 300.31. 8.312.153.13

Rækkefølgen for cifrene i ovenstående "kørsels-reference" er:  
 dyr, fodmgd, fodkvali, stald, udbringtid, temp, gunst frost,  
 spredtype, nedbr.metode, nedbr.tidspunkt, pH, jordtype, afgrøde:  
 =====

Dette er en model under udvikling, - en demonstrationsmodel!  
 Beregningsresultater skal tages med et stort forbehold. Læs om  
 datagrundlag og forudsætninger i projektets rapport!

	....Ændring....			...Status.....		
	Org. N	Amm. N	To- tal	Org. N	Amm. N	To- tal
TRIN1 Foderomsætning:						
Indgang TRIN1 (foder):				100.0	0.0	100.0
Tab til tilvækst :	33.0	0.0	33.0			
Rest til ab dyr:				67.0	0.0	67.0
Indhold i fæces:	14.1	6.0	20.1			
Indhold i urin:	4.7	42.2	46.9			
Status ab dyr:				18.8	48.2	67.0

#### Procentopgørelser

TAK: Amm.-kvælstof ab dyr

TOK: Org. kvælstof ab dyr

TK: Total kvælstofmængde

1.1 TAK i % af TK ab dyr 72.0

1.2 TAK i % af TK foder 48.2

1.3 TOK i % af TK ab dyr 28.0

1.4 TOK i % af TK foder 18.8



	....Ændring....			...Status.....		
	Org. N	Amm. N	To- tal	Org. N	Amm. N	To- tal
TRIN2 Gødningsomsætning:						
Indgang TRIN2:				18.8	48.2	67.0
Tilførsel strøelse	0.0	0.0	0.0			
Strøelse indregnet				18.8	48.2	67.0
Samlet til gylle				18.8	48.2	67.0
Fordampning i stald	0.0	2.4	2.4			
Status ab stald:				18.8	45.8	64.6
Procentopgørelser						
TAK: Amm.-kvælstof ab stald						
TOK: Org. kvælstof ab stald						
TK: Total kvælstofmængde						
2.1 TAK i % af TK ab dyr	68.4					
2.2 TAK i % af TK ab stald	71.0					

	....Ændring....			...Status.....		
	Org. N	Amm. N	To- tal	Org. N	Amm. N	To- tal
TRIN3 Gødningslagring/behandl.:						
Indgang TRIN3:				18.8	45.8	64.6
Fordamp. gylle lager	0.0	5.0	5.0			
Org. & amm. fordeling i gylle	17.9	41.7	59.5			
Udgang TRIN3				17.9	41.7	59.5
Procentopgørelser						
TAK: Amm.-kvælstof ab lager						
TOK: Org. kvælstof ab lager						
TAB: Kvælstoftab i lager						
TK: Total kvælstofmængde						
3.1 TAK i % af TK ab stald	64.5					
3.2 TAK i % af TK ab lager	70.0					
3.3 TAB i % af TK ab stald	7.8					

	....Ændring....			...Status.....		
	Org. N	Amm. N	To- tal	Org. N	Amm. N	To- tal
TRIN4 Ud/nedbringning:						
Indgang TRIN4:				17.9	41.7	59.5
Tab ved spredning (gylle)	0.0	1.3	1.3			
Efter udspredding				17.9	40.4	58.3
Beregnet tabs% for henliggetid	6.1					



Udregnet ab lager:

Ind TRIN4	30	70	100
Efter udspredn.	30	68	98
Efter ud+nedbr.	30	61	91
Ind trin5	30	61	91
Til tab+pulje	30	24	54
Optaget i plt.	0	36	36

#### 4. ØKONOMISKE VURDERINGER

Næringsstofferne i husdyrgødning udgøres primært af kvælstof, fosfor og kalium. Ved 1989-prisniveauet var gødningsværdien for landbruget i størrelsesordenen 20-30 kr. pr. ton gylle. Værdien fordeler sig på kvælstof-, fosfor- og kaliumindholdet med henholdsvis ca. 30, 20 og 50 pct. i en kvæggylle og tilsvarende 30, 40, 30 pct. i en svinegylle med et typisk næringsstofindhold som vist nedenfor<sup>1)</sup>.

En stor del af husdyrgødning er imidlertid vand uden næringsstovværdi. Når husdyrgødning anvendes som gødning på landbrugsarealer, transporteres således store mængder vand fra lager til mark. Omkostningerne herved er relativt store og udgør en betydende økonomisk barriere for størrelsen af det areal, som det for landbruget kan betale sig at sprede husdyrgødningen på. Det skal dog bemærkes, at vandindholdet har en begrænsende virkning på ammoniakfordampningen.

I denne redegørelses øvrige afsnit er der, p.g.a. de utilsigtede virkninger, kvælstoftabet har på det omgivende miljø (ammoniakfordampning og nitratnedvaskning), alene fokuseret på husdyrgødningens indhold af kvælstof og udnyttelsen heraf. Husdyrgødningens fosfor- og kaliumindhold giver derimod ikke umiddelbart anledning til større miljømæssig bekymring.

Fra en økonomisk synsvinkel må husdyrgødningen imidlertid altid betragtes som et samlet medie. Ved en gennemsnitlig nyttevirkning af kvælstof på 40 pct., hvilket må betragtes som et relativt højt niveau, udgør kvælstofindholdet som anført i størrelsesordenen 30 pct. af den samlede gødningsværdi. Tænkes nyttevirkningen af kvælstof hævet til 50 pct., vil værdien af kvælstofindholdet alt andet lige udgøre ca. 35 pct. Det kan bemærkes, at Statens Jordbrugsøkonomiske Institut har beregnet, at den gennemsnitlige nyttevirkning af kvælstof for husdyrgødningen på landsbasis kunne være 35-40 pct., hvis husdyrgødningen fordeles i henhold til afgrødernes næringsstofbehov samt spredes og nedbringes på almindelig vis indenfor 12 timer, hvor dette er påkrævet (Rude, 1987).

Den samlede værdi for landbruget af fosfor- plus kaliumindholdet i husdyrgødning er således større end værdien af kvælstof. Da fosfor og kalium er mindre flygtige næringsstoffer end kvælstof, er det relativt lettere at holde regnskab med disse næringsstoffer.

---

1) Indhold i kvæggylle pr. ton ab lager: 5,0 kg N, 0,7 kg P og  
4,7 kg K.

Indhold i svinegylle pr. ton ab lager: 5,6 kg N, 1,4 kg P og  
3,1 kg K.

Nyttevirkning af totale næringsstofindhold: 0,4 for N, 0,9  
for P og 0,8  
for K.

Gødningspriser (1989): 3,7 kr. pr. kg N, 8,6 kr. pr. kg P og  
3,4 kr. pr. kg K.

Husdyrgødningens sammensætning i forhold til afgrødernes næringsstofbehov bevirker yderligere, at afgrødernes fosfor- og kaliumbehov ved stigende tilførsel af husdyrgødning i de fleste sædskifter vil være dækket før kvælstofbehovet.

Fordeles de i henhold til miljøreglerne tilladte husdyrgødningsmængder således i forhold til afgrødernes fosfor- og kaliumbehov, vil der generelt ikke ske overgødskning med kvælstof. Tages der yderligere hensyn til mulighederne for en god kvælstofudnyttelse (f.eks. forårsudbringning frem for efterårsudbringning), vil husdyrgødningen blive relativt godt udnyttet set fra en driftsøkonomisk synsvinkel.

Som nævnt er fosfor og kalium mindre flygtige næringsstoffer end kvælstof, hvorfor tabet i håndteringskæden fra stald til udbringning i marken er begrænsede. Ud over at sørge for, at husdyrgødningen spredes jævnt, er der derfor fra et snævert landbrugsøkonomisk synspunkt ikke umiddelbart større behov for at forbedre udnyttelsen af disse næringsstoffer. Det er der generelt heller ikke for så vidt angår kvælstof, hvis udbringningen foretages under hensyntagen til en optimal kvælstofudnyttelse, jævnt før nedenfor - hvilket den i praksis næppe gør på alle bedrifter i den nuværende situation. Fra et miljømæssigt synspunkt er det derimod af stor betydning, at kvælstofudnyttelsesgraden er størst mulig, således at kvælstoftabet til det omgivende miljø er ringe.

Den yderligere gødningsværdi, som landbruget (i forhold til værdien ved en god gødningsplanlægning og rigtig anvendelse af eksisterende spredningsteknik) vil kunne opnå ved forskellige tiltag til begrænsning af kvælstoftabet fra stald til mark, er forholdsvis begrænset. Eksempelvis vil en forbedring af nyttevirkingen af kvælstof på 10 procentenheder kun øge værdien af 1 ton gennemsnitsgylle med et par kr. (svarende til en merværdi på knap 10 pct. i forhold til den tidligere angivne værdi for gennemsnitsgylle).

For at være driftsøkonomisk rentabel, må omkostningerne ved investering i en foranstaltning, der kan forbedre nyttevirkingen af kvælstof med 10 procentenheder, derfor højst være i størrelsesordenen 40 kr. pr. år pr. dyreenhed (= 1 malkeko), når det antages, at en dyreenhed producerer 20 tons gylle ab lager pr. år. Det skal nævnes, at den situation, som en foranstaltning skal sammenlignes med, er den hvor eksisterende teknik anvendes i henhold til forskrifterne og husdyrgødningen fordeles i henhold til en hensigtsmæssig gødningsplan.

Dog kan udviklingen af ny og forbedret teknik og dyrkningspraksis muligvis medføre øget sikkerhed for en god udnyttelse af husdyrgødningen, f.eks. gennem en større uafhængighed af vejr- og jordbundsforhold ved udbringning. I praksis kan dette medføre arbejdsmæssige fordele (og dermed økonomiske fordele).

Omkostningerne til større investeringer kan således generelt ikke forventes afholdt af en forbedret kvælstofudnyttelse. Dette gælder

hvad enten det drejer sig om tiltag i stald, lager eller udbringning. Anvendelsen af de hidtidige gylle-nedfældere vil generelt ikke være driftsøkonomisk rentabelt under typiske forhold i dansk landbrug. Slæbeslangeteknikken ser derimod ud til at være mindre omkostningskrævende end nedfældning.

Det er i alle tilfælde nødvendigt med et vist basisudstyr i stald, lager og til udbringning, for at næringsstofferne kan opsamles og fordeles nogenlunde jævnt samt udbringes på hensigtsmæssige tidspunkter. De gældende miljøregler sikrer generelt, at dette basisudstyr er til stede.

Ovenstående betragtninger er alene baseret på landbrugets driftsøkonomiske forhold. Fra en samfundsmæssig og/eller miljømæssig synsvinkel er situationen imidlertid en anden, da de eksterne omkostninger ved landbrugsproduktionen f.eks. i form af forurening også må tages i betragtning.

Det er overordentlig vanskeligt at opgøre disse eksternaliteter i praksis, hvilket i særdeleshed er tilfældet m.h.t. den diffuse kvælstofforurening fra landbrugets anvendelse af husdyrgødning. Egentlige cost-benefit analyser er således også vanskelige at gennemføre.

Ønsker man fra samfundets side at nedbringe landbrugets kvælstoftab til det omgivende miljø, vil det rent praktisk formentlig være hensigtsmæssigt at foretage såkaldte cost-efficiency analyser af mulige foranstaltninger. Ved en sådan analyse bestemmes omkostningerne og virkningen på kvælstoftabet for de forskellige foranstaltninger, hvorved det er muligt at vurdere omkostninger pr. kg kvælstof, der som følge af en foranstaltning ikke udledes til det omgivende miljø.

En cost-efficiency analyse vil også kunne anvendes i forbindelse med en evt. prioritering af forsknings- og udviklingsindsatsen, over for negative miljøeffekter.

Ligeledes vil cost-efficiency analyser kunne anvendes til vurdering af implementeringsmulighederne i landbruget. Det kan således ikke forventes, at landbruget frivilligt vil etablere foranstaltninger til begrænsninger af kvælstoftabet (= forbedret kvælstofudnyttelsesgrad), hvis det er forbundet med større omkostninger (netto).

Er man i en situation, hvor en given foranstaltning fra samfundets side ønskes implementeret, vil man fra administrativt hold gennem en cost-efficiency analyse implicit få en indikation af størrelsen af evt. tilskud/afgifter, der må forventes at skulle til, for at landbruget vil finde det fordelagtigt at gennemføre den aktuelle foranstaltning.

En forudsætning for en pålidelig cost-efficiency analyse m.h.t. håndtering af husdyrgødning er, at der under forskellige tekniske forudsætninger kan foretages en rimelig systembeskrivelse fra produktion til anvendelse af husdyrgødningen i marken.

## 5. IGANGVÆRENDE FORSKNINGSPROGRAMMER

I dette afsnit gives alene en oversigtlig omtale af igangværende specielle forskningsprogrammer, hvor håndtering og/eller anvendelse af husdyrgødning indgår. Der er således ikke foretaget nogen egentlig kortlægning af de aktiviteter på området, som de enkelte institutioner f.eks. udfører for deres normalbevilling.

NPO-forskningsprogrammet blev iværksat af Miljøstyrelsen efter en Folketingsbeslutning i 1985 om nedbringelse af forureningen med næringssalte og organisk stof. Forskningsprogrammets aktiviteter kom først i gang i 1986. Programmet ophører med 1990 og forventes afsluttet med en samlet redegørelse.

NPO-forskningsprogrammets koordinering forestås af tre koordinationsgrupper vedrørende henholdsvis landbrugsrelaterede indsatsområder, grundvandsprojekter og indsatsområder vedrørende vandløb, søer og marine områder. Endelig er koordineringen af indsatsen vedrørende konsekvenser af landbrugets strukturudvikling henlagt direkte under den overordnede styregruppe for programmet.

Husdyrgødning indgår i projekter under det landbrugsrelaterede indsatsområde, hvor der gennemføres markforsøg til belysning af det samlede kvælstofkredsløb (kvælstofmineralisering, denitrifikation og nitatnedvaskning). Disse undersøgelser gennemføres ved Statens Planteavlsvforsøg i form af et tværfagligt projekt som involverer flere afdelinger. På Landbohøjskolen, Institut for Kulturteknik og Planteernæring, udarbejdes en kvælstofbalancemodell (DAISY), som bl.a. bygger på processtudier foretaget ved Statens Planteavlslaboratorium. En meget væsentlig faktor i kvælstofbalance-modellen er jordens indhold af organisk stof, som modelmæssigt håndteres i forskellige puljer afhængig af omsætteligheden.

Modellen tænkes valideret ved hjælp af de omtalte markforsøg. Modellen tænkes videre anvendt til studier på regional skala ved anvendelse af bl.a. jordbundsdata lagret ved Afdeling for Arealdata og Kortlægning. For at få et billede af situationen i praktisk landbrug foretages af Det Danske Hedeselskab interviewundersøgelser, hvor bl.a. mængde af husdyrgødning og dens anvendelse på ejendomsniveau søges opgjort.

M.h.t. ammoniakfordampning gennemføres ved Askov Forsøgsstation målinger af fordampningen i forbindelse med udbringning samt modelforsøg til belysning af fordampningen fra gyllebeholdere med forskellig overdækning. Tilsvarende gennemføres ved Institut for Kulturteknik og Planteernæring på Landbohøjskolen målinger af det luftformige kvælstoftab fra planter.

På Statens Jordbrugstekniske Forsøg blev under NPO-forskningsprogrammet startet et projekt vedrørende kvælstoffordampning fra gødningslagre. Dette projekt er nu afsluttet, og det konkluderedes, at den anvendte metodik - udtagning, analyse og differensberegning på prøver fra gødningslagre - ikke var anvendelig på grund af problemer med prøvernes repræsentativitet.

Under området "strukturudvikling og miljø" er der startet en række projekter vedrørende konsekvensberegninger. Her deltager bl.a. Økonomisk Institut på Landbohøjskolen og Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. Desuden udfører Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Forureningskilder og Luftforurening modelberegninger af ammoniakafsætningen.

Under Landbrugets Samråd for Forskning og Forsøg startede i 1987 det 5-årige handlingsprogram for forskning på området "Jordbrug og Miljø". Programmet involverer en række af Landbrugsministeriets sektorforskningsinstitutioner og omfatter indsats inden for følgende områder:

- Plantenæringsstoffer i miljøet
- Kvælstoffets omsætning
- Håndtering og udbringning af husdyrgødning
- Anvendelse af husdyrgødning, handelsgødning og slam
- Vand, vanding og afvanding
- Dyrkningssystemer og driftsformer
- Miljø-, samfunds- og driftsøkonomiske analyser.

En række af projekterne under handlingsprogrammet involverer behandling, håndtering og udnyttelse af husdyrgødning.

Desuden skal omtales KVADRATNETTET for nitratundersøgelser, som forestås af Landskontoret for Planteavl, og Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Kvadratnettet omfatter ca. 800 netpunkter fordelt over hele landet, hvor der systematisk udtages jordprøver til analyse for kvælstof. Kvadratnettet er netop sikret fortsættelse, og i et samarbejde mellem Landskontoret for Planteavl og afdelinger ved Landbrugscentret under Statens Planteavlsforsøg vil de indhentede data blive anvendt i videre modelberegninger vedrørende optimal kvælstofgødning og vedrørende nitratnedvaskning. Tilsvarende indsamles der under Vandmiljøplanens overvågningsprogram af 6 amtskommuner oplysninger om landbrugsdriften og kvælstofnedvaskningen i 6 nærmere definerede såkaldte landovervågningsplaner.

#### Under Miljøstyrelses program for "Renere teknologi"

I de landøkonomiske foreninger (under ledelse af Landskontoret for Planteavl) gennemføres i 1989 og 1990 et stort antal forsøg med anvendelse af husdyrgødning. I forsøgene afprøves forskellige udbringningsteknikker for gylle.

Forsøgene har et dobbelt formål, idet de dels giver svar på den biologiske og økonomiske forskel mellem udbringningsmetoderne, og dels tjener til demonstration for praksis af maksimal opnåelig gødningseffekt af husdyrgødning.

#### Biogasopfølgning

Med støtte fra Energistyrelsen gennemføres ved Landskontoret for Planteavl forskellige programmer, som har til formål at klarlægge stoftransporten i forbindelse med biogasfællesanlæg samt finde optimale anvendelsesstrategier for afgasset materiale. Heri indgår bestemmelser af materialets gødningseffekt.



## 6. ANBEFALINGER M.H.T. FREMTIDIG INDSATS

I de enkelte delafsnit i hovedrapporten er for hvert led i omsætningskæden markeret behovet for forsknings- og udviklingsaktiviteter. Anbefalingerne i nærværende afsnit er derfor projektgruppens anbefalinger af helt overordnet karakter. Disse må således ved en nærmere planlægning af indsatsen suppleres med bemærkningerne i de enkelte delafsnit i hovedrapporten.

### Udgangspunkt

Udgangspunktet for gruppens anbefalinger er, at den fremtidige indsats skal sigte på at bevare den størst mulige andel af husdyrgødningens indhold af næringsstoffer inden for landbrugssystemet. Problemet er i første række knyttet til kvælstof. Dette er samtidig udtryk for en holdning, som søger at tilgodese både miljøhensyn og landøkonomi. Alt andet lige vil en forøgelse af den næringsstofmængde i husdyrgødningen, som udnyttes af planteproduktionen, medføre et formindsket behov for indkøb af handelsgødning, samtidig med at miljøbelastningen formindskes. Den største effektivitetsforbedring for den samlede omsætningskæde vil opnås ved en indsats på de led i kæden, hvor tabene er størst, og/eller hvor de bedste muligheder for en effektiv indsats ligger.

### Systemmodel

Der er behov for tæt koordinering og sammenhæng i den fremtidige indsats vedrørende de forskellige led i omsætningskæden. Systemmodellen kan være et godt værktøj for at opnå dette, både hvad angår de forskellige fagområder og samspillet mellem forskellige relevante forskningsinstitutioner. Modellen vil kunne udbygges til at foretage cost/efficiency-beregninger for tiltag på bedriftsniveau. Dette kræver dog, at systemmodellen udvides til også at omfatte husdyrgødningens indhold af fosfor og kalium samt størrelse, udformning og kapacitet af ejendommens samlede produktionssystem.

Projektgruppen anbefaler derfor

- at systemmodel-konceptet bibeholdes i den fremtidige indsats,
- at den foreliggende systemmodel videreudvikles som forsknings-, demonstrations- og vejledningsværktøj,
- at systemmodellen udbygges med eksisterende simuleringmodeller for omsætningen af næringsstoffer, og
- at systemmodellen gøres operationel og praksisnær ved, at der i takt med at nye forskningsprojekter klarlægger og kvantificerer viden på området, sker en hurtig implementering i modellen og det tilhørende EDB-program.

Det skal fremhæves, at systemmodel-arbejdet først og fremmest tjener til kvantificering og operationalisering af sammenhængen i omsætningskæden, men at modelprogrammet også kan blive et værktøj for planlægningen på den enkelte bedrift.

### Produktion af husdyrgødning

Projektgruppen anbefaler en forøget indsats m.h.t. mulighederne for en forbedret foderudnyttelse. Især m.h.t. svin synes der at være

gode muligheder på dette felt. I praksis har det også vist sig, at der er væsentlige forskelle i de enkelte bedrífers foderudnyttelse.

Både på bedriftsniveau og på landsplan hersker der nogen usikkerhed om husdyrgødningens indhold af næringsstoffer. Arbejdsgruppen anbefaler, at der iværksættes en tilbunds gående revision af normtallene for næringsstofindholdet med inddragelse af den nyeste viden på området.

#### Stald- og lagertab

Der hersker betydelig usikkerhed om størrelsen af ammoniakfordampningen fra stald og lager og effekten af de muligheder, der findes i praksis for at påvirke dette tab. Der er derfor behov for sikrere målinger - også til kontrol af modelberegninger. Et spørgsmål herunder er omdannelsen af organisk kvælstof til ammonium under lagringen. Endvidere er der behov for at få klarlagt, under hvilke omstændigheder biogasfællesanlæg virker gunstigt eller ugunstigt på kvælstofudnyttelsen.

Arbejdsgruppen anbefaler derfor

- at der sker en tilpasning af måleteknikken for ammoniak og ammonium til de foreliggende opgaver, herunder standardisering og interkalibrering, således at der skabes tillid til og sammenlignelighed mellem måleresultaterne,
- at der gennemføres de nødvendige målinger for at verificere beregningsmodellernes almene gyldighed, herunder at de igangværende undersøgelser af tab fra gødningslagre fortsættes og udbygges,
- at der gennemføres veldokumenterede demonstrationer af tabsbegrænsende praksis på et større antal landbrugsbedrifter, og at sådanne cost/efficiency vurderes, og
- at der gennemføres undersøgelser for at fremskaffe et større datagrundlag til beskrivelse af omdannelse af organisk kvælstof til ammoniak under de i praksis forekommende lagerforhold.

#### Udbringning

God udnyttelse af husdyrgødningen forudsætter jævn udspreddning, kendt dosering og den efter omstændighederne bedst mulige nedbringning i jorden. Trods væsentlige tekniske forbedringer er der behov for yderligere teknologisk udvikling. Endvidere er logistikken i udbringningen og kendskabet til gødningssammensætningen af særlig betydning ved fælleslagre og gødningsleverancer mellem bedrifterne.

Arbejdsgruppen anbefaler derfor

- fortsat og øget samarbejde mellem forsøgs- og rådgivningssiden og udstyrsproducenter om videre udvikling af udstyr til bedre dosering, ensartet spredning og nedbringning af husdyrgødning på marken og udbringning til afgrøder i vækst,

- miljømæssige vurderinger og driftsøkonomiske analyser vedrørende alternativ gødningslagring, herunder anvendelse af fjernlagre og gyllelaguner,
- udvikling af standardiserede og repræsentative metoder for prøveudtagning og hurtiganalyse fra gødningslagre, og
- fortsat forskning med henblik på kvantificering af sammenhængen mellem jordbundsforhold, plantedække, mikroklima og ammoniakfordampning i forbindelse med udbringning.

#### Kvælstofomsætningen i jord og planternes kvælstofudnyttelse

Der ligger store muligheder for at reducere tab ved forbedring af planternes udnyttelse af kvælstoffet i husdyrgødning. Dette er imidlertid ikke problemfrit. Der er bl.a. behov for sammenhængende udvikling af udbringningsmetoder og dyrkningssystemer for udbringning af husdyrgødning, især til afgrøder i vækst. Endvidere er der behov for fremgangsmåder, der sikrer god tilpasning af udbringningstidspunkt og -mængde i relation til afgrødens vækststadiet og vejrforholdene. Dette forudsætter imidlertid både et forbedret videngrundlag og udvikling af praktisk anvendelig teknologi.

Projektgruppen anbefaler derfor

- at studier af kvælstofkredsløbet i planternes rodzone, specielt omsætningen af det organiske kvælstof, intensiveres både hvad angår det metodemæssige grundlag og kvantificering af optagelse, tab til vandmiljø og luft. Dette skal også omfatte denitrifikationsprocessen under varierende betingelser. Denne indsats omfatter dels samkøring af forhåndenværende data, dels fortsat forsøgsvirksomhed,
- at der arbejdes videre med spørgsmålet om kombineret anvendelse af husdyr- og handelsgødning, herunder planteoptagelse af kvælstof mineraliseret fra husdyrgødningens organisk bundne kvælstof samt eftervirkning,
- at eksisterende forsøgsdata, bl.a. for de enkelte afgrøders kvælstfoptagelse, systematiseres og lagres i database, og
- at de nu anvendte nyttevirkningstal for kvælstof i husdyrgødning til forskellige afgrøder revideres i lighed med normtallene.

#### Information

Endemålet for indsatsen er som nævnt indledningsvis at forøge effektiviteten af hele håndteringskæden i praksis. Det anbefales derfor, at den igangværende aktion fortsættes og evt. udbygges med helhedsorienterede forsøg/demonstrationsprojekter, hvor de potentielt høje udnyttelsesmuligheder for næringsstofindholdet eftervises for den samlede omsætningskæde. Også her er det håbet, at systemmodellen i en udbygget version kan tjene som demonstrationsværktøj.

## 7. REFERENCER

- Amberger, A., Huber, J. & Rank, M. (1987). Gülleausbringung: Vorsicht, Ammoniakverluste. DLG-Mitteilungen 20/1987, 1084-1086.
- Andersen, A., Haahr, V. & Sandfær, J. (1986). Det tidsmæssige forløb af stofproduktion og næringsstoffoptagelse i vinter- og vårformer af kornarter. Beretning nr. S1854, Statens Planteavlsvforsøg.
- Baadsgaard, A. (1987). Svinegylle til vintersæd i vækstperioden. Tidsskr. Planteavl 91, 223-227.
- Baadsgaard, A. (1989). Svinegylle til vårraps før såning og i vækstperioden. Tidsskr. Planteavl 93, 157-164.
- Christensen, B.T. (1989). Husdyrgødning og N-kredsløb. I: Husdyrgødning og dens anvendelse, 2. reviderede udgave. Beretning nr. S1809, Tidsskr. Planteavl, 36-39.
- Christensen, B.T. & Sommer, S.G. (1989). Fordampning af ammoniak fra udbragt gødning. Metode og ammoniaktab fra urea og urea-ammonium-nitrat. Tidsskr. Planteavl 93, 177-190.
- Danmarks Meteorologiske Institut (1989). Danmarks klima 1988.
- De Bode, M.C.J. (1988). Mestoplæg en ammoniak-emmission. Landbouwmecanisatie 6.
- Djurhuus, J. (1989). Personlig meddelelse.
- Fassen, H.G. van & Dijk, H. van (1987). Manure as a source of nitrogen and phosphorus in soils. In: Meer, H.G.v.d. et al. (eds): Animal Manure on Grassland and Fodder Crops 27-45. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- Gustafsson, G. & Mårtensson, L. (1986). Ammoniakemmission från olika typer av djurstallar. I: Nilsson, J. (ed.): Ammoniakutsläpp och dess effekter, 37-61. Statens naturvårdsverk, Rapport 3188.
- Hansen, F. (1927). Staldgødningsundersøgelser I. Tidsskr. Planteavl 35, 81-110.
- Hansen, K. (1988). Laboratorieforsøg til belysning af fordampning og tab af kvælstof fra gylle med forskelligt svømmelag. Internt SJF-notat.
- Hansen, S. & Aslyng, H.C. (1984). Nitrogen balance in crop production. Simulation model NITCROS. Hydrotechnical Laboratory. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen.
- Hartung, J. (1988). Tentative calculations of gaseous emissions from pig houses by way of the exhaust air. In: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds): Volatile emissions from livestock farming and sewage operations, 54-58. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Hoff, J.D., Nelson, D.W. & Sutton, A.L. (1981). Ammonia volatilization from liquid swine manure applied to cropland. J. Environ. Qual. 10, 90-95.
- Hvelplund, T. & Madsen, J. (1990). A study of the quantitative nitrogen metabolism in the gastro-intestinal tract, and the resultant new protein evaluation system for ruminants. The AAT-PBV system. Inst. Animal Sci. The Royal Vet. Agri. Univ., Copenhagen.
- Iversen, K. (1924). Undersøgelser vedrørende ajlens opbevaring. Tidsskr. Planteavl 31, 149-168.
- Iversen, K. (1934). Fordampningstab ved ajlens udbringning. Tidsskr. Planteavl 40, 169-234.

- Iversen, K. (1937). Forskellige opbevarings- og udførselstider for staldgødning 1929-35. Tidsskr. Planteavl 42, 471-518.
- Iversen, K. (1938). Forsøg med ajlens anvendelse, Askov. 1929-37. Tidsskr. Planteavl 43, 112-144.
- Iversen, K. (1944). Forskellig udførselstid for ajle 1929-1941. Tidsskr. Planteavl 48, 337-357.
- Iversen, K. & Dorph-Petersen, K. (1949). Forsøg med staldgødningens opbevaring og anvendelse. Tidsskr. Planteavl 52, 69-110.
- Jarvis, S.C., Hatch, D.J. & Lockyer, D.R. (1989). Ammonia fluxes from grazed grassland: annual losses from cattle production systems and their relation to nitrogen inputs. J. Agric. Sci., Camb. 113, 99-108.
- Johnsson, H., Bergström, L., Jansson, P.-E. & Paustian, K. (1987). Simulated nitrogen dynamics in agricultural soil. Agriculture, Ecosystems and Environment 18, 333-356.
- Kempainen, E. (1986). Effect of cattle slurry injection on the quantity of barley and grass yield. In: Kofoed, A. Dam, Williams, J.H. & L'Hermite, P. (eds): Efficient Land Use of Sludge and Manure, 64-72. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Kirchmann, H. (1985). Losses, Plant Uptake and Utilization of Manure Nitrogen during a Production Cycle. Acta Agric. Scand. Suppl No. 24.
- Kjellerup, V. (1989). Personlig meddelelse.
- Kjellerup, V. (1989a). Næringsstofindhold. I: Husdyrgødning og dens anvendelse, 2. reviderede udgave. Beretning nr. S1809, Tidsskr. Planteavl, 22-35.
- Kjellerup, V. & Petersen, J. (1989). Rumlig variation i gylles tørstof- og næringsstofindhold under opbevaring. Tidsskr. Planteavl 93, 299-306.
- Klausen, P.S. (1987). Nitratnedvaskning fra landbrugsjord ved gødskning med gylle og handelsgødning. Statens Planteavlsforsøg, Grøn Viden, Landbrug, nr. 10.
- Kofoed, N. & Hansen, B. (1990). Kvælstof- og fosforbalance ved kvæg- og svinehold. NPO-forskningsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. A1.
- Kolenbrander, G.J. & Lande Cremer, L.C.N. de la (1967). Omzettingen in stalment. I: Stalment en gier. Waarde en mogelijkheden 29-35. H. Veenman & Zonen N.V., Wageningen.
- Kroodsmas, W., Scholtens, R. & Huis in 't Veld, J. (1988). Ammonia emission from poultry housing systems. In: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. & L'Hermite, P. (eds): Volatile emissions from livestock farming and sewage operations, 152-161. Elsevier Applied Science, London and New York.
- 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. Pol. 56, 237-257.
- Larsen, K.E. (1989). Eftervirkning af N-tilførsel med husdyrgødning. I: Husdyrgødning og dens anvendelse, 2. reviderede udgave. Beretning nr. S1809, Tidsskr. Planteavl, 93-95.
- Larsen, K.E. (1989a). Personlig meddelelse.
- Larsen, K.E. & Kjellerup, V. (1989). Årlig og periodisk tilførsel af kvæggødning i sædskifte. Mark- og lysimeterforsøg. Udbytte, nedvaskning og balancer for næringsstoffer samt jordbundsforhold. Beretning nr. S1979, Tidsskr. Planteavl.

- Laursen, B. (1987). Normtal for husdyrgødning. Rapport nr. 28 fra Statens Jordbrugsøkonomiske Institut.
- Lind, A.M. (1985). Soil air concentration of  $N_2O$  over 3 years of field measurements with animal manure and inorganic N-fertilizer. Tidsskr. Planteavl 89, 331-340.
- Lind, A.M. (1989). Personlig meddelelse.
- Lind, A.M., Deboz, K., Djurhuus, J. & Maag, M. (1989). Kvælstofomsætningen ved forskellige dyrkningsformer og jordtyper. Vand & Miljø 2, 63-67.
- Maag, M. (1989). Denitrification losses from soil receiving pig slurry or fertilizer. In: Hansen, J.Aa. & Henriksen, K. (eds.): Nitrogen in organic wastes applied to soils, 235-246. Academic Press.
- Miner, J.R., Kelly, M.D. & Anderson, A.W. (1975). Identification and measurement of volatile compounds within a swine building and measurement of ammonia evolution rates from manure-covered surface. In: Manging Livestock Wastes. Proceedings 3rd International Symposium on Livestock Wastes, 351-353. American Society of Agricultural Engineers, Michigan.
- Muck, R.E. & Richards, B.K. (1983). Losses of manurial nitrogen in free stall barns. Agricultural Wastes 7, 65-79.
- Muck, R.E. & Steenhuis, T.S. (1982). Nitrogen losses from manure storages. Agricultural Wastes 4, 41-54.
- Møller, F. (1989). Undersøgelse af slagtesvinestalde med delvist drænet gulv, fuldt drænet gulv og dybstrøelse. Sjf-Orientering nr. 66.
- Nemming, O. (1976). Husdyrgødning til kløvergræs og rent græs. Tidsskr. Planteavl 80, 239-257.
- Nemming, O. (1982). Stigende mængder fast svinegødning og svinegylle til byg. Tidsskr. Planteavl 86, 127-132.
- Olsen, P. & Laursen, B. (1989). Forenkede grovfodersystemer - driftsøkonomiske analyser. Rapport nr. 46 fra Statens Jordbrugsøkonomiske Institut.
- Oldenburg, J. (1989). Geruch - und Ammoniak - Emissionen aus der Tierhaltung. Landtechnik 9, 324-326.
- Oversigt over landsforsøgene (1982). Landskontoret for Planteavl, Skejby.
- Oversigt over landsforsøgene (1983). Landskontoret for Planteavl, Skejby.
- Oversigt over landsforsøgene (1984). Landskontoret for Planteavl, Skejby.
- Oversigt over landsforsøgene (1988). Landskontoret for Planteavl, Skejby.
- Oversigt over landsforsøgene (1989). Landskontoret for Planteavl, Skejby.
- Pain, B.F., Philips, V.R., Clarkson, C.R. & Klarenbeek, J.V. (1989). Loss of nitrogen through ammonia volatilization during and following the application of pig slurry to grassland. J. Sci. Food Agric. 47, 1-12.
- Pain, B.F., Thompson, R.B., Rees, Y.J. & Skinner, J.H. (1990). Reducing gaseous losses of nitrogen from cattle slurry applied to grassland by the use of additives. J. Sci. Food Agric. 50, 141-153.
- Pedersen, C.Å. (1988). Planteavlsorientering 07, nr. 163. Landskontoret for Planteavl, Skejby.

- Pedersen, S. & Takai, H. (1987). Ammoniakfordampning fra stalde. Orientering nr. 49 fra Statens jordbrugstekniske Forsøg.
- Rude, S. (1987). Vandmiljøplanen og landbruget - kvælstofforbrug og økonomi. Rapport nr. 34 fra Statens Jordbrugsøkonomiske Institut.
- 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. Pol.* 48, 173-184.
- Schechtner, G. (1981). Nährstoffwirkung und Sonderwirkungen der Gülle auf dem Grünland. Gumpenstein, Irdning, Østrig.
- Schjørring, J.K., Nielsen, N.E., Jensen, H.E. & Gottschau, A. (1989). Nitrogen losses from field-grown barley plants as affected by rate of nitrogen application. *Plant and Soil* (under trykning).
- Sibbesen, E. (1990). Kvælstof, fosfor og kalium i foder, animalsk produktion og husdyrgødning i dansk landbrug i 1980-erne. Beretning nr. S2054, Tidsskr. Planteavl.
- Simmelsgaard, Sv.E. & Djurhuus, J. (1988). Kvælstofudvaskning. Bilag til Statens Planteavlsmøde 1988, 24-27.
- Sommer, S.G. (1989). Udspredding af gylle: Fordampning af ammoniak og fordeling af udbragt gylle. *Tidsskr. Planteavl* 93, 323-329.
- Sommer, S.G. (1989a). Personlig meddelelse.
- Sommer, S.G. & Christensen, B.T. (1989). Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbragt på jordoverfladen. *Tidsskr. Planteavl* 93, 307-321.
- Sommer, S.G., Christensen, B.T., Hansen, J.G., Asman, W., Grundahl, L., Schjørring, J.K., Saxe, H. & Jensen, E.S. (1989). På sporet af atmosfærisk ammoniak. *Vand og Miljø* 6, 56-62.
- Statens Jordbrugstekniske Forsøg (1988). Leca-nødder som flydelag i gyllebeholdere. Sjf-Prøverapport nr. 668.
- Statens Jordbrugsøkonomiske Institut (1989). Beregninger på landsplan af mængder og næringsstofindhold i husdyrgødning ab lager og faldet på marken.
- Statens Maskinprovningar (1989). Meddelande nr. 3191 og 3209.
- Steineck, S., Djurberg, L. & Ericsson, J. (1989). Stallgødsel. Konsulentavdelingen, Sveriges Lantbruksuniversitet. Manuskript.
- Thompson, R.B., Ryden, J.C. & Lockyer, D.R. (1987). Fate of nitrogen in cattle slurry following surface application or injection to grassland. *Journal of Soil Science* 38, 689-700.
- Tunney, H. & Molley, S.P. (1986). Comparison of grass production with soil injected and surface spread cattle slurry. In: Kofoed, A. Dam, Williams, J.H. & L'Hermite, P. (eds.): *Efficient Land Use of Sludge and Manure*, 90-98. Elsevier Applied Science, London and New York.
- van Keulen, H. & Seligman, N.G. (1987). Simulation of water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. Pudoc, Wageningen.
- van Veen, J.A. (1982). Modelling of the behaviour of nitrogen in soil. In: F.W.T. Penning de Vries & H.L. van Laar (eds.): *Simulation of plant growth and crop production*, 222-233.
- Wested, J. & Iversen, K. (1938). Ajlens nedbringning med ajlened-fælder 1933-1936. *Tidsskr. Planteavl* 43, 145-163.

## APPENDIX

Beskrivelse af  
demonstrationsmodellen

H U G O

vers. 1

- en model for kvælstof i husdyrgødning



## INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORMÅL OG ANVENDELSE	90
STRUKTUR	90
UDDATA	91
RESULTATFORTOLKNING	92
BEGRÆNSNINGER	92
DEFINITIONER	92
TRIN 1. FODEROMSÆTNING	93
TRIN 2. OMSÆTNING I STALD	95
TRIN 3. GØDNINGSLAGRING OG -BEHANDLING	96
TRIN 4. UD- OG NEDBRINGNING	97
TRIN 5. OMSÆTNING I JORD OG OPTAGELSE I PLANTER	102
KØRSEL AF MODEL	104
EKSEMPEL PÅ KØRSEL AF MODEL	115
EKSEMPLER PÅ MODELBEREGNINGER	116

Efter beskrivelse af modellens formål og anvendelse gennemgås i ette bilag alle de i modellen anvendte data. Derefter vises de mest betydende skærbilleder fra modelprogrammet, og til sidst findes nogle beregningseksempler.

### FORMÅL OG ANVENDELSE

Modellens formål er at kvantificere de enkelte led i husdyrgødningens omsætningskæde, i første omgang specielt med henblik på kvælstof, sådan det er muligt at vurdere konsekvenserne af ændringer i drift, praksis, metoder eller udstyr.

Overordnet kan modellen anvendes som et hjælpemiddel i forskning og undervisning, samt anvendes til følsomheds- og konsekvensanalyse af enkelte led i kæden. Sidstnævnte kan direkte være et værktøj til at udpege de led i den totale kæde, som giver de største tab, dvs. som vil være mest relevant at sætte ind på forsknings- og undersøgelsesmæssigt eller med ændring i driftsformer. Modellen fungerer således både som inspirator, katalysator og værktøj, og den må findes parallelt med, at forskningen bringer nye data og ny viden.

Systemmodellen kan desuden, når tilstrækkelig viden og data foreligger, beregne næringsstofomsætningen med husdyrgødning på den enkelte landbrugsbedrift, og således indgå som et beslutningsværktøj i rådgivningstjenesten i vurdering af konsekvenserne af forskellige dyrkningssystemers indflydelse på miljø, gødningstildeling, udbytter og økonomi. Dette kræver bl.a., at modellen udbygges til at omfatte husdyrgødningens indhold af fosfor og kalium samt størrelse, udformning og kapacitet af bedriftens samlede produktionssystem. På længere sigt må handelsgødning også indgå i modellen.

Herværende model dækker kun et delområde, som kan indgå i den endelige model på bedriftsniveau. Men den tjener mest som en demonstration af, hvordan den færdige model vil kunne anvendes som et operationelt værktøj. Og allerede nu har den også en værdi jævnt før de nævnte overordnede mål, bl.a. med hensyn til udpegning af forskningsområder.

### STRUKTUR

Modellens principielle opbygning er beskrevet i rapportens afsnit 3. Der arbejdes med en opdeling i processer helt analogt med rapportens systembeskrivelse i produktion, behandling og udnyttelse. Modellen er inddelt i 5 trin:

1. Omsætning i dyret
2. Gødningsomsætning i stald
3. Lagring og behandling
4. Ud- og nedbringning
5. Omsætning i jord og optagelse i planter

Det enkelte procestrin behandles beregningsmæssigt som en selvstændig enhed, således at output fra et trin benyttes som input i det efterfølgende trin.

I det enkelte trin beregnes status for mængden af ammoniumkvælstof og organisk kvælstof, herunder procestrinnets tab, omsætning og eventuelle tilførsel af kvælstof.

I sin egenskab af model indeholder edb-programmet et stort antal variationer for mulige gennemløb. I den aktuelle demo-udgave er der mange millioner forskellige muligheder for gennemløb, dvs. forskellige udskrifter. Et gennemløb repræsenterer en driftssituation, dvs. en konkret kombination af valgte situationsparametre for dyreart, staldsystemer, afgrøde, etc.

#### Definition af PROCESPARAMETRE:

Modelprogrammet indeholder i sin egenskab af et program selve strukturen i modellen m.h.t. beregninger, sekvens, formler etc., - samlet kaldet en algoritme. Udover denne beregningsalgoritme anvendes en del tal stammende fra undersøgelser og forsøg. Disse tal kaldes her "procesparametre". Som eksempel på procesparameter kan nævnes "fordampningsprocent". Procesparametre foreligger som ligninger eller tabeller.

#### Definition af SITUATIONSPARAMETRE:

For at udføre en beregning med modellen skal oplyses de faktiske forhold for den bedrift, kvælstofudnyttelsen skal beregnes for. Der skal derfor før en kørsel oplyses et antal "situationsparametre", som beskriver de til grund for beregningen aktuelle situationer. Som eksempler på situationsparametre kan nævnes "besætningstype", "afgrøde" og "gyllespredertype".

#### Variation af parametre:

Procesparametrene er for så vidt konstante, men mange af dem er i denne model justerbare, dels fordi de indtil videre i nogle tilfælde er baseret på et spinkelt grundlag, men også fordi en følsomhedsanalyse af enkeltparametre så er mulig. Man kan ved PC'en i en dialog med programmet meget simpelt ændre en eller flere af de indlagte procesparametre, og derefter på dette grundlag køre en modelberegning.

#### UDDATA

Modellen gennemregner husdyrgødningens kvælstofstatus gennem de enkelte trin, og viser ændringen i status undervejs, således at de enkelte faktorerers indflydelse kan følges. Til sidst vises en samlet tabel over kvælstofbalancen.

Til orientering udregnes forskellige procentopgørelser, som f.eks. er en procentvis sammenholdning af status ved ind- og udgang af et trin.

Alle udskrifter præsenteres løbende på skærmen, men kan kaldes frem igen eller sendes til printer ved et menuvalg, uden at beregningen skal gentages.

### **RESULTATFORTOLKNING**

Systemmodellen beregner strømmen af kvælstof fra fodring over husdyrgødning til optagelse i planterne. Resultaterne opgøres i kædens enkelte led som

- a. mængde kvælstof i kg. pr. produktionsenhed (dyr)
- b. det relative kvælstofoutput i procent af kvælstofinput.

Den relative kvælstofmængde er opgjort med såvel kvælstofindholdet i foderet og kvælstofindholdet af lager som basis (= index 100).

Resultatet med foderindholdet som basis viser, hvor stor en del af dyrenes kvælstofindtagelse, der genfindes i husdyrgødningen og senere optages i planterne. Under forløbet afgives kvælstof til salgsprodukter, ammoniakfordampning, udvaskning, mv. Strøelse (og foderrester) giver udover foderindtagelsen et marginalt tilskud til kvælstofindholdet i husdyrgødningen.

Resultatet med lagerindholdet som basis angiver, hvor stor en del af den for planteproduktionen til rådighed værende kvælstofmængde af lager, der optages i planterne. Det skal understreges, at resultatet anført som "kvælstof optaget i planter" ikke kan fortolkes som husdyrgødningens nyttevirkning (se afsnit 2.5.2 i rapporten).

### **BEGRENSNINGER**

Begrænsningerne ligger både i den reducerede bredde i beregninger og parametre, den manglende viden samt i kvaliteten af data. Alle beregninger fra programmet skal ses på baggrund af disse forhold.

### **DEFINITIONER**

- kvæg = 1 stk. malkekvæg i et år incl. produktion af spædkalv
- so = 1 stk. so i et år incl. produktion af 20 smågrise
- FE = foderenheder
- slagtesvin = 1 årsslagtesvin, svarende til 3,65 producerede dyr pr. år pr. stiplads.

**TRIN 1. FODEROMSÆTNING****Kvæg**

For malkekvæg beregnes omsætningen til kvælstof i fæces og urin ud fra tabel 1. Tallene angiver procent kvælstof i fæces og urin i forhold til tilført kvælstof i foderet, og de er opgivet for forskellige foderkvaliteter og forskellige fodermængder.

Der anvendes p.t. kun faste værdier i tabel 1, idet der ikke kan interpoleres lineært. En interpolationsrutine, som kan udregne værdierne ved vilkårlige fodermængder og kvælstofindhold i foder, kan indbygges. Som situationsparameter skelnes mellem fodermængderne minimum (4400), norm (5060) og maximum (5800 FE). Foderkvalitet er også en situationsparameter med valg fra 27 til 34 g kvælstof pr. foderenhed.

**Tabel 1:** Kvælstofindhold i fæces og urin i pct. af kvælstof i foder (=100%) for malkekvæg af tung race.

Fodermængde FE/årsko	4400		5060		5800	
fodereffektivitet (%)	92		88		84	
foderkvalitet, g N/FE:	F	U	F	U	F	U
27	33	41	32	42	31	44
30	31	45	30	46	29	47
32	30	47	29	48	29	49
34	29	51	29	51	29	51

F: % kvælstof i fæces

U: % kvælstof i urin

For opdræt iøvrigt anvendes udnyttelsesprocenter angivet i tabel 2, hvor situationsparameteren er dyreart. Der er kun angivet værdier for normal fodermængde.

**Tabel 2:** Kvælstofindhold i fæces og urin for opdræt af tung race (med fastholdt fodermængde).

	Procentfordeling. Tilført kvælstof=100%	
	<u>kvier</u>	<u>slagtekalve</u>
Fodertørstof kg	2310	1920
Kvælstof i foder, kg/år	49	48
% kvælstof til tilvækst mv.	11	22
% kvælstof i fæces	35	31
% kvælstof i urin	54	47

Svin

For svin anvendes udnyttelsesprocenterne angivet i tabel 3, som er angivet på basis af normal fodring. Det er også herfra programmet anvender kvælstof i fæces som procent af totalkvælstof i gødningen som 25% (udregnet  $20 \cdot 100 / (60 + 20)$ ).

Tabel 3: Kvælstofindhold i fæces og urin for svin.

	<u>Procentfordeling. Tilført kvælstof=100%</u>	
	<u>årssø</u>	<u>slagtesvin</u>
Fodermængde FE/år	1100	880
Kvælstof i foder, kg/år	26	25
	-----	-----
% kvælstof til tilvækst	20	33
% kvælstof i fæces	20	20
% kvælstof i urin	60	47

Fordeling mellem organisk kvælstof og ammonium-kvælstof i gødningen ses i tabel 4. Der er i nærværende beregninger anvendt målinger "ab lager", idet der ikke er fundet tilgængelige tal "ab dyr".

Der vil ikke nødvendigvis være samme fordeling "ab dyr" som "ab lager".

Tabel 4: Fordeling af organisk kvælstof og ammonium-kvælstof i % af total-kvælstof, ab lager. (Kjellerup, 1989a).

	<u>Organisk kvælstof</u>	<u>Ammonium-kvælstof</u>
Fæces kvæg	75	25
Fæces svin	70	30
Urin begge	10	90
Gylle kvæg	50	50
Gylle svin	30	70

Procesparametre i trin 1 er således værdierne i tabel 1 - 4.

Situationsparametre i trin 1 er dyreart, fodermængde og foderkvalitet. Specielt i valg af dyreart ligger der en stor begrænsning i forhold til en total model - en begrænsning som er gjort af hensyn til de efterfølgende led i kæden på modellens nuværende stade.

Udskrifter omfatter udover beregning af statusforløbet beregning af følgende udnyttelsesprocenter:

- 1.1 Ammonium-kvælstof ab dyr i % af total-kvælstof ab dyr
- 1.2 Ammonium-kvælstof ab dyr i % af total-kvælstof i foder
- 1.3 Organisk kvælstof ab dyr i % af total-kvælstof ab dyr
- 1.4 Organisk kvælstof ab dyr i % af total-kvælstof i foder

TRIN 2. OMSÆTNING I STALDStrøelse

Tilført kvælstof i strøelse angives som inputværdi. Som vejledende værdi vises normtallene, som er 3 kg organisk kvælstof pr. årsko for kvæg på stald (tabel 2.1.3 i rapporten) og 7 kg organisk kvælstof pr. årsko for svin (Laurson, 1987). For slagtesvin beregnes kun for gylle uden strøelse.

Fordampningstab

Indtil videre anvendes som norm de værdier for tabsprocenter af input-ammoniumindholdet, som er anført i tabel 5. Tallene er baseret på Pedersen og Takai (1987) og gruppens vurderinger, og behæftet med betydelig usikkerhed - de er f.eks. generaliserede ud fra normal temperatur.

Tabel 5: Fordampningstab i % af ammonium-kvælstof (Pedersen og Takai, 1987 og gruppens vurderinger).

<u>Dyreart</u>	<u>% af ammonium-kvælstof</u>
Malkekvæg:	5
Kalve på dybstrøelse:	20
Andet opdræt:	5
Søer:	10
Slagtesvin:	5

Det antages i modellen, at al urin løber ud i ajlebeholderen umiddelbart, i systemer med fast staldgødning og ajle.

Procesparametre udgøres af ovennævnte tabeller, endvidere er strøelsesmængden også en procesparameter.

Situationsparametre indføres ikke i dette trin, idet det styres af de samme som i trin 1.

Udskrifter andrager udover beregning af statusforløb beregning af følgende udnyttelsesprocenter.

- 2.1 Ammonium-kvælstof ab stald som procent af totalkvælstof ab dyr.
- 2.2 Ammonium-kvælstof ab stald som procent af totalkvælstof ab stald.

### TRIN 3. GØDNINGSLAGRING OG -BEHANDLING

#### Møddingsvand

Der regnes med, at en del af ammonium-kvælstofmængden i fast staldgødning løber ud i ajlebeholderen med 30% for kvæg og 25% for svin.

#### Omsætning

Omsætning i gødning og fordampning af ammoniak sker samtidigt. Der mangler dog kvantitativ viden om omsætningen i lageret. En stærk forenklet beregningsmodel er derfor anvendt. Efter fordampningen opsplittes i organisk kvælstof og ammoniak-kvælstof efter procenterne i tabel 4.

#### Fordampningstab

Ammoniakfordampningstabet er en funktion af ammoniakkoncentration, pH, temperatur og fordampningsforholdene samt lagringstid.

Indtil mere viden foreligger anvendes nedenstående skønnede værdier i tabel 6. Forskellen mellem kvæg og svin i disse er bl.a. betinget af gødningssammensætning og -overflade samt pH.

Tabel 6: Normværdier for fordampningstab i procent af ammonium-kvælstof af stald ved 6 måneders gennemsnitlig lagring, (gruppens vurderinger).

	Procent af ammonium-kvælstof		
	Fast staldgødning	Ajle	Gylle
Kvæg:	100%	6%	10%
Svin:	100%	6%	11%

Der regnes med, at der under lagringen tabes en ammonium-kvælstofmængde svarende til indholdet af stald i fast staldgødning. Der vil dog stadig være ammonium-kvælstof i gødningen efter endt lagring, idet der løbende dannes ammonium ved de biologiske processer i gødningen (se tabel 4). De 6 måneder i tabel 6 er valgt som gennemsnitlig lagring, idet der sker en kontinuerlig fyldning i typisk 9 måneder.

Procesparametre er værdierne i ovennævnte tabeller.

Situationsparametre er her dyreart og lagringstid, men dog p.t. uden variationsmulighed fra de 6 mdr.

Udskrifter andrager udover status beregning af følgende udnyttelsesprocenter:

3.1 Ammonium-kvælstof af lager i % af total kvælstof af stald.



- 3.2 Ammonium-kvælstof ab lager i % af total kvælstof ab lager.  
 3.3 Totalkvælstoftabet i lager i % af total kvælstof ab stald.

#### TRIN 4. UD- OG NEDBRINGNING

##### Spredesystem

Som situationsparameter kan vælges mellem 5 spredesystemer jævnfør tabel 7, som angiver skønnede tabsprocenter.

Tabel 7: Fordampningstab i % af ammonium-kvælstof afhængig af spredesystem. (Skønnede værdier med baggrund i tal fra Sommer, 1989).

<u>Spredesystem</u>	<u>Tab af ammoniumkvælstof</u>
Bladspreder	3 % (gylle og ajle)
Pendulspreder	3 % (gylle og ajle)
Spredébom, lav udspreder	2 % (gylle og ajle)
Slæbeslanger	1 % (gylle og ajle)
Nedfældning	0 % (gylle og ajle)
-----	
Spredévogn	1 % (fast staldgødning)

##### Ammoniakfordampning fra udbragt husdyrgødning

Ammoniakfordampningen fra udbragt husdyrgødning er afhængig af en lang række faktorer. Det er ikke muligt gennem eksisterende forsøgsoplysninger at belyse alle disse faktorer og deres vekselvirkning. Det skønnes dog relevant under alle omstændigheder at medtage følgende forhold, uanset at disse ikke alle kan beskrives tilstrækkeligt godt:

- Henliggetid før nedbringning. Følgende tre henliggetider benyttes:
  - straks (1/2-1 time efter udbringning),
  - 6 timer,
  - 12 timer.
- Temperatur i henliggeperioden. Her skelnes mellem to situationer: frossen jord med temperatur under frysepunktet og ikke frossen jord med temperatur over 0 °C. I det sidste tilfælde antages fordampningstab at være lineært afhængigt af temperaturen.
- Vejrforhold, dvs. luftfugtighed, vindhastighed, solstråling og nedbør. Disse faktorer er svære at kvantificere. Der opereres derfor med tre vejrtyper (bemærk at temperatur ikke er med):
  - ugunstigt vejr (lav luftfugtighed, tørt, solskin, blæsende),
  - normalt vejr,
  - gunstigt vejr (høj luftfugtighed, fugtigt, overskyet, stille).

- Gødningens tørstofindhold. Tynd gylle eller ajle vil lettere kunne trænge ned i jorden, hvor ammonium kan bindes til jordpartiklerne (jordkolloiderne). Der skelnes mellem to tørstofindhold:
    - tynd gødning (<5% tørstof): ajle.
    - tyk gødning (>5% tørstof): typisk kvæggylle, fast staldgødning.
  - Gødningens pH. Der skelnes mellem 3 pH intervaller:
    - lav pH (pH <=7)
    - middel pH (pH:7,1-7,4)
    - høj pH (pH >=7,5)
- Foruden pH er også gødningens bufferkapacitet af betydning. Der foreligger dog ikke data for dette.
- Jordtype. Der skelnes mellem sandjord og lerjord.
  - Nedbringningsmetode. Der skelnes mellem følgende metoder:
    - direkte nedfældning
    - udsprøjtning på afgrøde
    - udlægning i bunden af afgrøde
    - udsprøjtning på jord med overfladisk nedmuldning
    - udsprøjtning på jord med nedpløjning.

Den udbragte gødningsmængde har også en vis betydning for tabets størrelse, men ignoreres i modellen.

I modellen medtages skønnede faktorer for betydningen af ovennævnte forhold. Det skønnes ikke muligt at angive graden af usikkerhed, da der kun sjældent foreligger forsøgsresultater, hvor det er muligt at adskille effekten af forskellige forhold.

Kvælstoftabet ved ammoniakfordampning ( $T$ ) fra udbragt husdyrgødning beregnes i procent af gødningens indhold af ammonium-kvælstof. Tabet består af en komponent fra henliggetiden ( $T_H$ ) og en komponent fra den endelige anbringelse af gødningen ( $T_A$ ):

$$T = T_H + T_A$$

For direkte nedfældning samt udsprøjtning/udlægning på afgrøder er der ikke nogen egentlig henliggetid, hvorfor  $T_H$  her sættes til 0.

Tabet i henliggeperioden antages primært at være en funktion af henliggetid og temperatur ganget med faktorer for de øvrige betydende komponenter:

$$T_H = T_t * f_v * f_d * f_p$$

hvor  $T_t$  er tabet som funktion af temperatur og henliggetid,  
 $f_v$  er en korrektionsfaktor for vejrforholdene,  
 $f_d$  er en korrektionsfaktor for tørstofindhold,  
 $f_p$  er en korrektionsfaktor for pH.

Tabet ( $T_t$ ) som funktion af temperatur og henliggetid beregnes som en lineær funktion af temperaturen med separate konstanter for frossen/optøet jord og de tre værdier for henliggetid, dvs.

$$T_t = a + bT$$

hvor T er temperatur, °C, og  
a og b er parameterestimater afhængig af henliggetid og frost i jorden.

Tabel 8: Estimater for parametrene i ligningen  $T_t = a + bT$

Frost i jord	Henliggetid timer	a	b
Frossen	1/2-1	1.5	0
Frossen	6	7.0	0
Frossen	12	14.0	0
Optøet	1/2-1	1.3	0.29
Optøet	6	5.0	1.15
Optøet	12	12.6	1.36

Estimater for parametrene er angivet i tabel 8. Værdier for frossen jord er taget fra forsøg i vindtunnel med svinegylle (Sommer og Christensen, 1989). Værdierne for optøet jord er fundet ved regression på 38 forsøg i vindtunnel med kvæggylle (Sommer, 1989a). I disse vindtunnelforsøg er der kun målt tab hver sjette time. Værdien efter 1/2-1 time er angivet som en fjerdedel af tabet efter 6 timer.

Effekten af vejrforholdene iøvrigt er vanskelig at vurdere, da disse faktorer ofte er korreleret med temperaturen. Det kan skønsmæssigt anslås at gode vejrforhold reducerer fordampningen med 30% og dårlige forhold øger den tilsvarende. Det giver de faktorer, der er vist i tabel 9.

Tabel 9: Effekt af vejrforhold, faktor  $f_v$

Vejrforhold	$f_v$
Gunstige (overskyet, fugtigt, stille)	0.7
Normale	1.0
Ugunstige (sol, tørt, blæsende)	1.3

Da sammenhængen mellem tab og temperatur er beregnet for gylle med mere end 5% tørstof, sættes faktoren for tørstofindhold til  $f_d = 1.0$  for gylle med højt tørstofindhold. For tynd gødning skønnes en reduktion i ammoniakfordampningen, jfr. tabel 10. Det antages, at tabet fra fast staldgødning svarer til tabet fra gylle med højt

tørstofindhold.

Tabel 10: Effekt af gødningens tørstofindhold, faktor  $f_d$

Tørstofindhold	$f_d$
Lav (<5%)	0.7
Høj (>5%)	1.0

Gødningens pH skønnes på grundlag af forsøg med svinegylle (Sommer og Christensen, 1989) tilsvarende at kunne forøge eller mindske fordampningen, jfr. tabel 11.

De i tabel 11 anførte pH-værdier er gyllens pH ved udbringning. Denne pH-værdi vil kunne ændres under henligning på jorden/nedsivning i jorden, som følge af jordens pH-værdi og tab af kuldioxid fra gødningen. Her vil gødningens bufferkapacitet også være af betydning.

Tabel 11: Effekt af gødningens pH, faktor  $f_p$ .

pH i gødningen	$f_p$
Lav (pH<=7)	0.7
Middel (pH:7.1-7.4)	1.0
Høj (pH>=7.5)	1.3

De faktorer der påvirker tabet ( $T_A$ ) efter gyllens endelige anbringelse i jord eller afgrøde vil afhænge af nedbringningsmetode.

Tabet ved ammoniakfordampning efter nedfældning er ikke særligt godt belyst (se afsnit 2.4.2.). Ammoniaktabet efter nedfældning skønnes i systemmodellen at være  $T_A = 5\%$  for lerjord og  $T_A = 10\%$  for sandjord.

Effekten af vegetationsdække, herunder forskellen mellem udsprøjtning på afgrøden og udlægning mellem rækkerne, er kun sparsomt belyst. I vindtunnelforsøg (Sommer, 1989a) kunne der ikke konstateres forskel i ammoniakfordampningen fra gylle udbragt på bar jord og på kort græs.

I vindtunneldata med kvæggylle (Sommer, 1989a) kunne der ikke konstateres nogen sammenhæng mellem fordampningstabet efter 6 døgn og temperaturen i perioden. Vejrforholdene iøvrigt, herunder nedbør, synes dog at have en effekt.

Tabet ved udbringning på afgrøder beskrives derfor som

$$T_A = 55 * f_v * f_d * f_p * f_a$$

hvor  $f_a$  er en faktor, som afhænger af udbringningsmetoden.

Fordampningstabet ved udbringning i bunden af en afgrøde i mod-sætning til udsprøjtning på afgrøden er ikke godt belyst. Det kan skønsmæssigt anslås, at udlægning i bunden af afgrøden reducerer fordampningen med 10%, tabel 12. Reduktionen vil formentlig være større, hvis der er tale om en afgrøde med et stort bladareal. Der foreligger dog ingen danske data til at understøtte dette.

Tabel 12: Effekt af udlægningsmetode,  $f_a$ .

Metode	$f_a$
Udsprøjtning på afgrøde	1.0
Udlægning i bunden af afgrøde	0.9

Efter nedmuldning af husdyrgødningen vil der også kunne ske et tab af kvælstof ved ammoniakfordampning. Dette tab kan beskrives således:

$$T_A = (100 - T_H) f_{jm}$$

hvor  $f_{jm}$  er en faktor, som afhænger af jordtype og nedmuldningsmetode.

Afhængigheden af jordtype og nedmuldningsmetode kan delvis på grundlag af ældre forsøg med nedbringning af ajle (Iversen, 1934; Wested og Iversen, 1938) skønsmæssigt anslås til de værdier, der er angivet i tabel 13. Der foreligger ikke målinger af tab ved nedpløjning af husdyrgødning. Dette tab er derfor skønnet at være af samme størrelse som tabet ved nedfældning.

Tabel 13: Effekt af jordtype og nedmuldningsmetode,  $f_{jm}$ .

Jordtype	Nedmuldningsmetoder	$f_{jm}$
Sand	overfladisk	0.3
Sand	nedpløjning	0.1
Ler	overfladisk	0.25
Ler	nedpløjning	0.05

Ved kørsel af systemmodellen anvendes de normalværdier for temperatur, som er vist i tabel 14, eller den faktiske temperatur indtastes som situationsparameter.

Tabel 14: Normaltemperaturer for Danmark for perioden 1931-60. (Danmarks Meteorologiske Institut, 1989).

Måned	Middeltemperatur °C
-------	------------------------

Januar	-0.1
Februar	-0.4
Marts	1.7
April	6.2
Maj	11.1
Juni	14.5
Juli	16.6
August	16.3
September	13.1
Oktober	8.7
November	4.9
December	2.2

---

Procesparametre er alle opstillet i ovennævnte tabeller, som bortset fra tabel 7 er faktorer, der indgår i de viste formler.

Situationsparametre indføres i større omfang i dette trin jævnfør de første tekstafsnit under trin 4.

Udskrifter andrager statusforløb samt for orientering nogle af delkomponentbidragene fra de viste formler.

#### **TRIN 5. OMSÆTNING I JORD OG OPTAGELSE I PLANTER**

I trin 5 er beregningerne meget stærkt forenklede, idet det ikke har været muligt at inddrage alle de komplicerede og dynamiske sammenhænge på dette procestrin i nærværende modelarbejde. Således er en meget vigtig faktor som kvælstofomsætningen i jorden ikke medtaget. De beregnede optagelser af kvælstof fra husdyrgødningen må således tages med forbehold.

Trinet er beregningsmæssig anderledes end de foregående, hvor tab og omsætninger er delvis kortlagt, mens der her i trin 5 alene regnes med optagelsesprocenter.

Den rest, der derefter er tilbage, er ikke nødvendigvis lig med tabet. Mankoen dækker bl.a. over nedsivning i jorden, denitrifikation samt bidrag til jordens kvælstofpulje. De følgende års eftervirkning som følge af mineralisering fra den organiske kvælstofmængde tilført med husdyrgødningen har det heller ikke været muligt at inddrage i modelberegningerne p.t.

Princippet for kvælstofomsætningen i jorden og optagelsen i planterne er illustreret i figuren i rapportens afsnit 3.1.5. Denne kvælstofomsætning inkluderer ikke alene en række forskellige processer, men foregår tillige kontinuert. Det er derfor ikke muligt at beskrive dette ved simple statiske ligninger, men der skal anvendes dynamiske simuleringmodeller (van Veen, 1982).

De vigtigste styrende faktorer for kvælstofomsætning og transport

i jorden er jordtemperatur og jordvandindhold. En simuleringmodel for kvælstofomsætningen skal derfor kunne simulere disse forhold i forskellige dybder og til forskellige tidspunkter. Endvidere skal planternes vækst simuleres af hensyn til modellering af kvælstofoptagelsen.

### Afgrøde- og årstidseffekt

I nærværende beregning af kvælstofoptagelsen i planterne indgår bl.a. afgrøde og årstidseffekt, jævnfør tabel 15. Værdierne i tabellen angiver meroptagelsen. Ved meroptagelsen forstås den optagelse af kvælstof, som skyldes tilførsel af husdyrgødning, dvs. kvælstofoptagelsen i gødede led minus optagelsen i det ugødede led. Værdierne vil i praksis variere meget som følge af de givne forhold, f.eks. på grund af variationer i temperatur og nedbør.

Tabel 15: Foreløbige værdier for kvælstofoptagelse i høstede plantedele i procent af ammonium-kvælstof tilført med husdyrgødning. Værdierne angiver 1. års virkningen, dvs. eftervirkningen er ikke inddraget i optagelsesprocenterne. Endvidere angiver værdierne meroptagelsen, dvs. kvælstofoptagelsen i gødede led minus optagelsen i ugødede led. De angivne optagelsesprocenter vil ikke kunne anvendes i alle beregningssituationer. F.eks. vil kvælstofoptagelsen fra gødning, hvor hovedparten af kvælstoffet er organisk bundet, formentlig være større end angivet ved nedenstående, meget generelle værdier - især ved efterårsudbringning. (Efter Larsen, 1989a, samt skøn).

Afgrøde	Optaget i	<u>Optagelsesprocent ved udbringning</u>	
		<u>forår</u>	<u>efterår</u>
Hvede	kerne+halm	60	20
Vårbyg	kerne+halm	55	15
Vårraps	frø+halm	60	15
Roer	rod+top	65	15
Græs	indhøstet græs	60	30

### Jordeftekt

Tallene i tabel 15 kan eventuelt overlejlres med en jordtypeeffekt for f.eks. forskel i kvælstofudnyttelsen mellem sandjord og lerjord. Det er dog ikke skønnet muligt at inddrage denne jordtypeeffekt i modelberegningerne p.t. Som procesparameter er imidlertid forsøgsvis medtaget en multiplikator, tabel 16, som værdierne i tabel 15 multipliceres med. Udfra nævnte begrundelse er faktorerne sat til 1. Men ligesom de fleste andre procesparametre kan den ændres, så brugeren af programmet kan forsøgsvis sætte en anden værdi ind før en modelberegning.

Tabel 16: Multiplikatorer som udtryk for jordtypeeffekt. Medtaget

da den forsøgsvis kan ændres i dialog med programmet ved beregning. (Se teksten ovenfor).

	<u>faktor</u>
sandjord	1.0
lerjord	1.0

Procesparametre i trin 5 er således værdierne i ovennævnte tabeller.

Situationsparametre i trin 5 indfører valg af afgrøde. Årstiden er kendt ud fra månedsvalget i trin 4, gødningstype m.v. er kendt fra tidligere trin.

Udskrifter omfatter beregning af statusforløbet, som resulterer i de endelige udnyttelsestal for husdyrgødningen.

### KØRSEL AF MODEL

Modelprogrammet er tilstræbt selvforklarende i sin dialog af hensyn til udstrakt brugervenlighed. Såvel de væsentligste procesparametre som de mulige situationsparametre kan kaldes frem på skærmen jævnfør nedenstående eksempler på skærbilleder fra programmet.

Programmet præsenterer sig med en hovedmenu, og returnerer til denne efter hver afsluttet funktion.

Hovedmenu:

<u>Hovedmenu</u>	
1	Introduktion
2	Beskrivelse af forudsætninger/begrænsninger
3	Se eller ændre proces-parametre
4	Se mulige situationsparametre
5	Vælg beregningssituation og kør model
6	Se modelforløb udskriften igen (seneste modelkørsel)
7	Se kvælstofbalance igen (seneste modelkørsel)
9	Afbryd Programmet
tast et tal:	

Ved at vælge et tal ud fra denne hovedmenu aktiveres de enkelte hovedfunktioner, som kort skal kommenteres her.

Valg 1 og 2 resulterer i vejledning på skærmen, - den er ikke



gengivet her.

Valg 3 præsenterer alle væsentlige procesparametre for brugeren, og giver mulighed for at ændre en eller flere af dem af hensyn til uenighed, ønske om følsomhedsanalyse o.lign.

Valg 4 giver en kort oversigt over de situationsparametre, man har at vælge af i næste punkt.

Valg 5 er den egentlige modelberegning, som først starter med en dialog på skærmen, hvor man skal udpege de situationer, som man ønsker beregning for, d.v.s. valg af dyreart, staldsystem, etc.

Valg 6 og 7 kan gentage forrige modelberegningens resultater for et ekstra gennemsyn eller udskrivning, uden at beregningerne skal gentages.

Procesparameter startbillede:

## Procesparametre

De næste skærbilleder viser de tilgængelige procesparametre, som er en del af selve modellen.

Modellen består først og fremmest af et program, som er en beskrivelse af sammenhæng og forløb. Heri indgår en del facts om det aktuelle fagområde.

For at gøre værktøjet fleksibelt, er modellen lavet således, at en del procesparametre kan ændres i dialogen med systemet.

De kan vises i en række skærbilleder med overskriften "procesparametre", og de kan så ændres en for en.

På denne måde kan een parameter ændres og de andre fastholdes, som en følsomheds- eller konsekvensanalyse.

Tryk ENTER for næste skærbillede

Via valg i hovedmenuen kan de fleste procesparametre gennemgås efter ovenstående startbillede. Man kan kalde procesparameterbillederne frem et for et som en orientering (se nedenstående eksempler). Man kan undervejs ændre en eller flere parametre ved simpelthen at oplyse nummeret på den. Man bliver så på skærmen bedt om at indtaste en ny værdi for pågældene procesparameter, som derefter indgår i efterfølgende modelkørsler.

Procesparameterbilleder trin 1:

## Procesparametre TRIN 1 (1. del)

Foderomsætning i dyr (1. del)

		procentfaktorer
KVÆG:	1 : NH4 udgør af Ntotal i fæces	25.0 ab dyr
	2 : NH4 udgør af Ntotal i urin	90.0 ab dyr

Omsætningen til fæces og urin:

Fodermængde:	min=4400	norm=5060	max=5800	FE/årsko		
	F	U	F	U	F	U
min1 27g N/FE:	33	41	32	42	31	44
min2 30g N/FE:	31	45	30	46	29	47
norm 32g N/FE:	30	47	29	48	29	49
max 34g N/FE:	29	51	29	51	29	51

(F= kvælstof i fæces i % af N i foder  
U= kvælstof i urin i % af N i foder)

Tast: tal for ret værdi / N for næste / ESC for retur til menu

## Procesparametre TRIN 1 (2. del)

Foderomsætning i dyr (2. del)

		procentfaktorer
ÅRSSO:	3 : Til tilvækst	20.0 %
	4 : N i fæces i % af N i gødn.	25.0 resten er i urin
SL.SVIN:	5 : Til tilvækst	33.0 %
	6 : N i fæces i % af N i gødn.	30.0 resten er i urin
Begge :	7 : NH4 udgør af Ntotal i fæces	30.0 ab dyr
	8 : NH4 udgør af Ntotal i urin	90.0 ab dyr

Tast: tal for ret værdi / N for næste / ESC for retur til menu

Procesparameterbilleder trin 2:

## Procesparametre TRIN 2 (1.del)

Gødningsomsætning i stald 1.del

Processparametre for kvæg m/FSTG/Ajle:

1 : Tilførsel N.org. i strøelse	3.0 Kg N
2 : Fordampning fra ajle i stald	5.0 % af NH3 indholdet
3 : Fordampning fra FSTG i stald	5.0 % do.

Mængden af strøelse er skøn, husk at indtaste egen værdi!

Tast: tal for ret værdi / N for næste / ESC for retur til menu

## Procesparametre TRIN 2 (2.del)

Gødningsomsætning i stald 2.del

Processparametre for svin /gylle med høj tørstof:

4 : Tilførsel Org.N i strøelse (so)	7.0 Kg N
5 : Tilførsel Org.N strøelse(slsvin)	0.0 Kg N
6 : Fordampning fra gylle i stald (so)	10.0 % af NH3 indhold.
7 : fordampning fra gylle i stald (slsvin)	5.0 % do.

Tast tal eller (N)ext image eller ESC for retur til menu

Procesparameterbilleder trin 2 og 3:

## Procesparametre TRIN 2 (3.del)

Gødningsomsætning i stald 3. del

Processparametre for kvæg i staldsys gylle:

8 : Tilførsel Org.N i strøelse	3.0 Kg N
9 : NH3 fordampning i stald	5.0 %

Processparametre for svin i staldsys gylle/lavt tørstof:

A : Tilførsel Org.N i strøelse (so)	7.0 Kg N
B : Tilførsel Org.N strøelse(slsvin)	0.0 Kg N
C : NH3 fordampning i stald (so)	10.0 %
D : NH3 fordampning i stald (sl.svin)	5.0 %

Tast: tal for ret værdi / N for næste / ESC for retur til menu

## Procesparametre TRIN 3

Gødningslagring/behandling

1 : Fordamp / gns 6 mdr lag/ kvæg / FSTG :	100.0 % af NH3
2 : Fordamp / gns 6 mdr lag/ kvæg / Ajle :	6.0 % af NH3
3 : Fordamp / gns 6 mdr lag/ kvæg / Gylle:	10.0 % af NH3
4 : Fordamp / gns 6 mdr lag/ svin / FSTG :	100.0 % af NH3
5 : Fordamp / gns 6 mdr lag/ svin / Ajle :	6.0 % af NH3
6 : Fordamp / gns 6 mdr lag/ svin / Gylle:	11.0 % af NH3

7 : Udsivning af NH4 i FSTG til ajlen:	30.0 % for kvæg
8 : Udsivning af NH4 i FSTG til ajlen:	25.0 % for svin

9 : NH4 udgør af Ntotal i fæces (kvæg) :	25.0 % ab lager
A : NH4 udgør af Ntotal i urin (kvæg) :	90.0 % ab lager
B : NH4 udgør af Ntotal i fæces (svin) :	30.0 % ab lager
C : NH4 udgør af Ntotal i urin (svin) :	90.0 % ab lager
D : NH4 udgør af Ntotal i gylle (kvæg) :	50.0 % ab lager
E : NH4 udgør af Ntotal i gylle (søer) :	70.0 % ab lager
F : NH4 udgør af Ntotal i gylle (svin) :	70.0 % ab lager

Tast: tal for ret værdi / N for næste / ESC for retur til menu

Procesparameterbilleder trin 4:

## Procesparametre TRIN 4 (1. del)

## Udbringning og nedbringning

## NH3 tabsprocenter:

1	: Amm-tab v/bladspreder	:	3	%
2	: Amm-tab v/pendulspreder	:	3	%
3	: Amm-tab v/spredébom	:	2	%
4	: Amm-tab ved slæbeslanger	:	1	%
5	: Amm-tab ved nedfældning	:	0	%
32	: Amm-tab ved spredevogn	:	1	%

## Henliggetid/frost, - Se beskrivelsen tabel 8:

(6)	:	1.50	(12)	:	0.00
(7)	:	7.00	(13)	:	0.00
(8)	:	14.00	(14)	:	0.00
(9)	:	1.30	(15)	:	0.29
(10)	:	5.00	(16)	:	1.15
(11)	:	12.60	(17)	:	1.36

## Vejrforhold, se beskrivelsen tabel 9:

(18)	:	0.7	(19)	:	1.0	(20)	:	1.3
------	---	-----	------	---	-----	------	---	-----

Tast: tal for ret værdi / N for næste / ESC for retur til menu

## Procesparametre TRIN 4 (2. del)

## Udbringning og nedbringning

## Tørstofindhold se beskrivelsen tabel 10:

(21)	:	0.7	(22)	:	1.0
------	---	-----	------	---	-----

## pH i gødningen, se beskrivelsen tabel 11:

(23)	:	0.7	(24)	:	1.0	(25)	:	1.3
------	---	-----	------	---	-----	------	---	-----

## Udlægningsmetode, se beskrivelsen tabel 12:

(26)	:	1.0	(27)	:	0.9
------	---	-----	------	---	-----

## Nedmuldningsmetode, se beskrivelsen tabel 13:

(28)	:	0.30	(29)	:	0.10
(30)	:	0.25	(31)	:	0.05

## Ammoniaktab ved nedfældning:

lerjord (33):	5.00	sandjord (34):	10.00
---------------	------	----------------	-------

Tast: tal for ret værdi / N for næste / ESC for retur til menu

Procesparameterbilleder trin 5:

## Procesparametre TRIN 5

Omsætning i jord / optagelse i afgrøder  
(Meroptagelse i forhold til ugødet)

Kvælstofoptagelse afh. af årstid og afgrøde:

		forår		efterår
hvede	(1)	60 %	(2)	20 %
vårbyg	(3)	55 %	(4)	15 %
vårraps	(5)	60 %	(6)	15 %
roer	(7)	65 %	(8)	15 %
græs	(9)	60 %	(A)	30 %

Jordeffekt (ganges på udnyt.pct) :

G : for jordtype = ler : 1.0

H : for jordtype = sand: 1.0

Tast: tal for ret værdi / N for næste / ESC for retur til menu

Situationsparametre:

Via valg i hovedmenuen kan nedenstående oversigt over situationsparametre vises på skærmen.

## Situationsparametre

Her beskrives situationsparametre, for hvilke modellen p.t. fungerer.

Hvor der findes data, formler m.v. så case-variationer er mulige, fremgår det som valgmuligheder. I hver af disse vælger brugeren en situationsparameter, som beskriver den situationen modellem beregnes for.

Der er således mange tusinde forskellige beregningskombinationer

Første valgmulighed er valg mellem beregning i kg kvælstof eller beregning i % kvælstof af foder og af lager.

Tryk ENTER for rul videre



Situationsparametre:

## Situationsparametre

Situationsvalg vedr. foderomsætning (trin 1)

Dyr: valg A = Ko med spædkalv (årsko, tung race)  
 valg B = So m/pro. af 20 smågrise (årsso)  
 valg C = Slagtesvin

Foder:

For kvæg, vælg mellem fodermængde

F1: min (4400)

F2: norm (5060)

F3: max (5800)

For kvæg, vælg foderkvalitet (gram N pr foderenhed)

G1: min1 (27)

G1: min2 (30)

G2: norm (32)

G3: max (34)

For svin og søer:

F4: tørfoder, fast mængde og kvalitet

Tryk ENTER for næste skærbillede

## Situationsparametre

Situationsvalg vedr. gødningsomsætning i stald (trin 2)

Staldsystem hvis kvæg: valg A = Fast staldgødning/ajle  
 valg B = Gylle (p.t. højt tørstof-  
 indhold antaget)

Staldsystem hvis svin: valg C = Gylle / højt tørstof  
 valg D = Gylle / lavt tørstof

Ophold: For kvæg: Helårsstald, bindestald  
 For svin: Helårsstald

Tryk ENTER for næste skærbillede

## Situationsparametre

Situationsvalg vedr. gødnings ud/nedbringning (trin 4)

Vælg udbringningstidspunkt:  
forår (1) eller efterår (2)

Temperatur, vejrforhold, frost i jord samt  
spredemetode og nedfældningsmetode specificeres  
jvf appendix (programbeskrivelsens) muligheder

Vælg nedbringning:  
(1) straks, (2) efter 6 timer, (3) efter 12 timer

Vælg pH: ler (1) , middel (2) eller høj (3)

Vælg jordtype: ler (1) eller sand (2)

Tryk ENTER for næste skærbillede

## Situationsparametre

Situationsvalg vedr. omsæt/optagelse (trin 5)

Afgrøde: Vælg mellem  
1: Hvede    2: Byg    3: Raps    4: Roer    5: græs

Endvidere bruges situationsparametrene:  
Jordtype: specificeret i trin 4  
Udbringningstid: specificeret i trin 4  
Gødningstype: specificeret i trin 3

Efter tryk ENTER kan case vælges og model startes i hovedmenuen

EKSEMPEL PÅ KØRSEL AF MODEL

Nedenstående vises et eksempel på dialog ved kørsel af en modelberegning. Det ser lidt uoverskueligt ud her, men skal ses som en løbende dialog på skærmen ved bestilling, hvor spørgsmålene kommer i en relevant sammenhæng.

Når dialogen er slut beregnes og den trinvis ændring udskrives med løbende status quo for kvælstofmængden. Derefter udskrives en samlet oversigt over organisk og ammonium kvælstof i forhold til kilderne, ajle, gylle, etc.

```

Her vælges hvilken situation (case), der ønskes beregnet for.
Overblik over mulighederne for situationsvalg kan læses ved
valg af menuvalg 2 "Se mulige situationsparametre" i hovedmenuen
.....
AKTUELLE SITUATIONSPARAMETRE      :

Væg beregninger i kg N (tast 1) eller i procent af input (tast 2): 2
Beregninger valgt i                : procent af input kvælstof

Væg kvæg (1) eller årssø (2) eller slagtesvin (3): 1
Dyr valgt                           : tung malkekø

Kvæg er valgt, så vælg fodermængde:
Min=4400 (tast 1), norm=5060 (tast 2) eller max=5800 (tast 3): 2
Fodermængde valgt                   : norm      = 5060 FE/år

Væg g N/FE:
Min=27g (tast 1), min2=30g (tast 2), norm=32g (tast 3), max=34g (tast 4):3
Foderkvalitet valgt                 : normtal = 32 g N/FE

Kvæg er valgt, så vælg staldsystem:
Fast staldgødning/ajle (tast 1) eller Gylle (tast 2): 2
Staldsys valgt                      : gylle

Opholdstid i stald                  : helårsstald

Udbringning forår (1) eller efterår (2):1
Udbringningstidspunkt valgt         : forår

Temperatur ved udbringning, oplys i grader C: 8
Temperatur ved udbringning         :      8

Vejr ved udbringning (gunstigt=fugtigt, stille og overskyet):
gunstigt (1) eller normal (2) eller ugunstigt (3):2
Udbringningsvejr                   : normal

Udsprede på ikke frossen jord (1) eller frossen jord (2):1
Jordtemperatur                      : gødning på ikke frossen jord

Udsprede type:
bladspred (1) pendul (2) spredebom (3) slæbeslanger (4) nedfælder (5):5
Spredeværktøj                      : nedfælder

Nedbringningsmetode:
direkte nedfæld (1) udsprøjt på afgrøde (2) udlæg i bund af afgrøde (3)
på jord m/overfladisk nedmuldning (4) eller på jord m/nedpløjning (5):1
Nedbringningsmetode                 : direkte nedfældning

pH i gødn:
lav <=7 (1) middel 7.1-7.4 (2) eller høj >7.4 (tast 3) :2
pH i gødning                        : middel

Jordtype: Ler (1) eller sand (2):1
Jordtype                             : lerjord

Afgrøde: hvede (1), byg (2), raps (3), roer (4) eller græs (5):2
Afgrøde                              : vårbyg

```

EKSEMPLER PÅ MODELBEREGNINGER

I det følgende vises output fra nogle eksempler på modelkørsler med variation af situationsparametre. Bemærk, at valgte situationsparametre i den enkelte kørsel ses i rammen før de beregnede statustal.

=====  
 Modellen HUGO (version 1), - model for kvælstof i husdyrgødning

Beregning udført d. 12.10.1990 kl. 16:10

AKTUELLE SITUATIONSPARAMETRE :  
 Beregninger valgt i : procent af input kvælstof  
 Dyr valgt : tung malkekvæg  
 Fodermængde valgt : norm = 5060 FE/år  
 Foderkvalitet valgt : normtal = 32 g N/FE  
 Staldsys valgt : gylle  
 Opholdstid i stald : helårsstald  
 Udbringningstidspunkt valgt : forår  
 Temperatur ved udbringning : 8  
 Udbringningsvej : normal  
 Jordtemperatur : gødning på ikke frossen jord  
 Spredemærktøj : nedfælder  
 Nedbringningsmetode : direkte nedfældning  
 pH i gødning : middel  
 Jordtype : lerjord  
 Afgrøde : vårbyg

-----  
 Valgte case har reference: 2123.21. 8.21511.212  
 Rækkefølgen for cifrene i ovenstående "kørsels-reference" er:  
 enhed, dyr, fodmngd, fodkvali, stald, udbringtid, temp, gunst  
 frost, spredtype, nedbringmetode, nedbringtidspkt, ph, jordtype, afgrøde:  
 =====

Dette er en model under udvikling, - en demonstrationsmodel!  
 Beregningsresultater skal tages med et stort forbehold. Læs  
 om datagrundlag og forudsætninger i projektets rapport!

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN1 Foderomsætning						
Indgang TRIN1 (foder):				100.0	0.0	100.0
N-total i fæces malkekvæg	29.0					
N-total i ajle malkekvæg	48.0					
Indhold i fæces:		21.7	7.3	29.0		
Indhold i urin:		4.8	43.2	48.0		
Status ab dyr:				26.6	50.4	77.0
Procentoppgørelser:						
TAK: Ammonium-kvælstof ab dyr						
TOK: Organisk kvælstof ab dyr						
TK: Total kvælstofmængde						
1.1 TAK i % af TK ab dyr		65.5				
1.2 TAK i % af TK foder		50.4				
1.3 TOK i % af TK ab dyr		34.5				
1.4 TOK i % af TK foder		26.5				

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN2 Gødningsomsætning						
Indgang TRIN2:				26.6	50.4	77.0
Tilførsel strøelse	3.0	0.0	3.0			
Strøelse indregnet				29.6	50.4	80.0
Samlet til gylle				29.6	50.4	80.0
Fordampning i stald	0.0	2.5	2.5			
Status ab stald:				29.6	47.9	77.5
Procentopgørelser:						
TAK: Ammonium-kvæls. ab stald						
TOK: Organisk kvæls. ab stald						
TK: Total kvælstofmængde						
2.1 TAK i % af TK ab dyr	62.2					
2.2 TAK i % af TK ab stald	61.9					
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN3 Gødningslagring/behandling						
Indgang TRIN3:				29.6	47.9	77.5
Fordamp gylle lager	0.0	4.8	4.8			
Org & amm fordel. gylle	36.3	36.3	72.7			
Udgang TRIN3				36.3	36.3	72.7
Procentopgørelser:						
TAK: Amm. kvælstof ab lager						
TOK: Org. kvælstof ab lager						
TAB: Kvælstoftab i lager						
TK: Total kvælstofmængde						
3.1 TAK i % af TK ab stald	46.9					
3.2 TAK i % af TK ab lager	50.0					
3.3 TAB i % af TK ab stald	6.2					
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN4 Ud/nedbringning						
Indgang TRIN4:				36.3	36.3	72.7
Tab ved spredning gylle	0.0	0.0	0.0			
Efter udspredning				36.3	36.3	72.7
Beregnet tabs% for henliggetid	0.0					
Tab pga henliggetid	0.0	0.0	0.0			
Udregnet tabs% ved anbringn.	5.0					
Tab anbringning	0.0	1.8	1.8			
Saml.tab nedbringning:	0.0	1.8	1.8			
Efter ud+nedbr.:				36.3	34.5	70.9
Udgang TRIN4:				36.3	34.5	70.9
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN5 Oms. i jord & optag. i planter						
Indgang TRIN5:				36.3	34.5	70.9
Til tab+pulje:	36.3	15.5	51.9			
Optages i planter:				0.0	19.0	19.0

## KVÆLSTOFBALANCE (udregnet ab foder + strøelse)

	-- Total kvælstof fordelt ud på produkterne --														
	---Total---			---Gylle---			---Ajle---			---Fast stg---			---Øvrigt---		
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot
Ind TRIN1 foder	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Ab dyr	27	50	77	0	0	0	5	43	48	22	7	29	0	0	0
Ind TRIN2	27	50	77	0	0	0	5	43	48	22	7	29	0	0	0
Strøelse tilfø	30	50	80	0	0	0	5	43	48	22	7	29	3	0	3
Strøelse indreg	30	50	80	0	0	0	5	43	48	25	7	32	0	0	0
Samlet i gylle	30	50	80	30	50	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eft. fordampn.	30	48	77	30	48	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= ab stald	30	48	77	30	48	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind TRIN3	30	48	77	30	48	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eft fdamp/lager	30	43	73	30	43	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter org:amm f	36	36	73	36	36	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Udgang TRIN3	36	36	73	36	36	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind TRIN4	36	36	73	36	36	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter udspredn.	36	36	73	36	36	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter ud+nedbr.	36	35	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ud TRIN4	36	35	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind trin5	36	35	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Til tab+pulje	36	16	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Optages i plt	0	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Udregnet ab lager:

Ind TRIN4	50	50	100
Efter udspredn.	50	50	100
Efter ud+nedbr.	50	48	97
Ind trin5	50	48	97
Til tab+pulje	50	21	71
Optages i plt	0	26	26

=====

Modellen HUGO (version 1), - model for kvælstof i husdyrgødning

Beregning udført d. 12.10.1990 kl. 14:57

AKTUELLE SITUATIONSPARAMETRE :

Beregninger valgt i : procent af input kvælstof

Dyr valgt : so med 20 smågrise

Fodermængde fast : 1100 FE/år

Foderkvalitet fast : 26 kg N/år

Staldsys valgt : gylle/Lavt tørstof

Opholdstid i stald : helårsstald

Udbringningstidspunkt valgt : efterår

Temperatur ved udbringning : 13

Udbringningsvej : normal

Jordtemperatur : gødning på ikke frossen jord

Spredetøj : spredetøj

Nedbringningsmetode : på jord m/nedpløjning

Nedbringningstidspunkt : efter 6 timer

pH i gødning : middel

Jordtype : sandjord

Afgrøde : hvede

-----

Valgte case har reference: 2200.42.13.21352.221

Rækkefølgen for cifrene i ovenstående "kørsels-reference" er:  
 enhed, dyr, fodmngd, fodkvali, stald, udbringtid, temp, gunst  
 frost, spredtype, nedbringmetode, nedbringtidspkt, ph, jordtype, afgrøde:

=====

Dette er en model under udvikling, - en demonstrationsmodel!  
 Beregningsresultater skal tages med et stort forbehold. Læs  
 om datagrundlag og forudsætninger i projektets rapport!

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN1 Foderomsætning						
Indgang TRIN1 (foder):				100.0	0.0	100.0
tab til tilvækst :	20.0	0.0	20.0			
Rest til ab dyr:				80.0	0.0	80.0
Indhold i fæces:	14.0	6.0	20.0			
Indhold i urin:	6.0	54.0	60.0			
Status ab dyr:				20.0	60.0	80.0
Procentopgørelser:						
TAK: Ammonium-kvælstof ab dyr						
TOK: Organisk kvælstof ab dyr						
TK: Total kvælstofmængde						
1.1 TAK i % af TK ab dyr		75.0				
1.2 TAK i % af TK foder		60.0				
1.3 TOK i % af TK ab dyr		25.0				
1.4 TOK i % af TK foder		20.0				

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN2 Gødningssomsætning						
Indgang TRIN2:				20.0	60.0	80.0
Tilførsel strøelse	7.0	0.0	7.0			
Strøelse indregnet				27.0	60.0	87.0
Samlet til gylle				27.0	60.0	87.0
Fordampning i stald	0.0	6.0	6.0			
Status ab stald:				27.0	54.0	81.0
Procentopgørelser:						
TAK: Ammonium-kvæls. ab stald						
TOK: Organisk kvæls. ab stald						
TK: Total kvælstofmængde						
2.1 TAK i % af TK ab dyr	67.5					
2.2 TAK i % af TK ab stald	66.7					

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN3 Gødningsslagring/behandling						
Indgang TRIN3:				27.0	54.0	81.0
Fordamp gylle lager	0.0	5.9	5.9			
Org/amn fordeling gylle	22.5	52.5	75.1			
Udgang TRIN3				22.5	52.5	75.1
Procentopgørelser:						
TAK: Amm. kvælstof ab lager						
TOK: Org. kvælstof ab lager						
TAB: Kvælstoftab i lager						
TK: Total kvælstofmængde						
3.1 TAK i % af TK ab stald	64.9					
3.2 TAK i % af TK ab lager	70.0					
3.3 TAB i % af TK ab stald	7.3					

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN4 Ud/nedbringning						
Indgang TRIN4:				22.5	52.5	75.1
Tab ved spredning gylle	0.0	1.1	1.1			
Efter udspredning				22.5	51.5	74.0
Beregnet tabs% for henliggetid 14.0						
Tab pga henliggetid	0.0	7.2	7.2			
Udregnet tabs% ved anbringn. 8.6						
Tab anbringning	0.0	4.4	4.4			
Saml.tab nedbringning:	0.0	11.6	11.6			
Efter ud+nedbr.:				22.5	39.9	62.4
Udgang TRIN4:				22.5	39.9	62.4

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN5 Oms. i jord & optag. i planter						
Indgang TRIN5:				22.5	39.9	62.4
Til tab+pulje:	22.5	31.9	54.4			
Optages i planter:				0.0	8.0	8.0



## KVÆLSTOFBALANCE (udregnet ab foder + strøelse)

	-- Total kvælstof fordelt ud på produkterne --														
	---Total---			---Gylle---			---Ajle---			---Fast stg---			---Øvrigt---		
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot
Ind TRIN1 foder	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Eft. tilvækst	80	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	80
Fordeles ab dyr	80	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	80
Ab dyr	20	60	80	0	0	0	6	54	60	14	6	20	0	0	0
Ind TRIN2	20	60	80	0	0	0	6	54	60	14	6	20	0	0	0
Strøelse tilfør	27	60	87	0	0	0	6	54	60	14	6	20	7	0	7
Strøelse indreg	27	60	87	0	0	0	6	54	60	21	6	27	0	0	0
Samlet i gylle	27	60	87	27	60	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eft. fordampn.	27	54	81	27	54	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= ab stald	27	54	81	27	54	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind TRIN3	27	54	81	27	54	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eft fdamp/lager	27	48	75	27	48	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter org:amm f	23	53	75	23	53	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Udgang TRIN3	23	53	75	23	53	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind TRIN4	23	53	75	23	53	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter udsprede	23	51	74	23	51	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter ud+nedbr.	23	40	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ud TRIN4	23	40	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind trin5	23	40	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Til tab+pulje	23	32	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Optages i plt	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Udregnet ab lager:

Ind TRIN4	30	70	100
Efter udsprede	30	69	99
Efter ud+nedbr.	30	53	83
Ind trin5	30	53	83
Til tab+pulje	30	42	72
Optages i plt	0	11	11

=====

Modellen HUGO (version 1), - model for kvælstof i husdyrgødning

Beregning udført d. 12.10.1990 kl. 16:15

AKTUELLE SITUATIONSPARAMETRE :

Beregninger valgt i : procent af input kvælstof

Dyr valgt : tung malkekvæg

Fodermængde valgt : maximum = 5800 FE/år

Foderkvalitet valgt : maximum = 34 g N/FE

Staldsys valgt : gylle

Opholdstid i stald : helårsstald

Udbringningstidspunkt valgt : forår

Temperatur ved udbringning : 9

Udbringningsvej : gunstigt

Jordtemperatur : gødning på ikke frossen jord

Spreddeværktøj : slæbeslanger

Nedbringningsmetode : udlæg i bund af afgrøde

Nedbringningstidspunkt : straks

pH i gødning : lav

Jordtype : sandjord

Afgrøde : græs

-----

Valgte case har reference: 2134.21. 9.11431.125

Rækkefølgen for cifrene i ovenstående "kørsels-reference" er:

enhed, dyr, fodmgd, fodkvali, stald, udbringtid, temp, gunst  
 frost, spredtype, nedbringmetode, nedbringtidspkt, ph, jordtype, afgrøde:

=====

Dette er en model under udvikling, - en demonstrationsmodel!

Beregningsresultater skal tages med et stort forbehold. Læs  
 om datagrundlag og forudsætninger i projektets rapport!

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN1 Foderomsætning						
Indgang TRIN1 (foder):				100.0	0.0	100.0
N-total i fæces malkekvæg	29.0					
N-total i ajle malkekvæg	51.0					
Indhold i fæces:		21.7	7.3	29.0		
Indhold i urin:		5.1	45.9	51.0		
Status ab dyr:				26.9	53.1	80.0
Procentopgørelser:						
TAK: Ammonium-kvælstof ab dyr						
TOK: Organisk kvælstof ab dyr						
TK: Total kvælstofmængde						
1.1 TAK i % af TK ab dyr	66.4					
1.2 TAK i % af TK foder	53.1					
1.3 TOK i % af TK ab dyr	33.6					
1.4 TOK i % af TK foder	26.8					

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN2 Gødningsomsætning						
Indgang TRIN2:				26.9	53.1	80.0
Tilførsel strøelse	3.0	0.0	3.0			
Strøelse indregnet				29.9	53.1	83.0
Samlet til gylle				29.9	53.1	83.0
Fordampning i stald	0.0	2.7	2.7			
Status ab stald:				29.9	50.5	80.3
Procentopgørelser:						
TAK: Ammonium-kvæls. ab stald						
TOK: Organisk kvæls. ab stald						
TK: Total kvælstofmængde						
2.1 TAK i % af TK ab dyr	63.1					
2.2 TAK i % af TK ab stald	62.8					
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN3 Gødningslagring/behandling						
Indgang TRIN3:				29.9	50.5	80.3
Fordamp gylle lager	0.0	5.0	5.0			
Org & amm fordel. gylle	37.6	37.6	75.3			
Udgang TRIN3				37.6	37.6	75.3
Procentopgørelser:						
TAK: Amm. kvælstof ab lager						
TOK: Org. kvælstof ab lager						
TAB: Kvælstoftab i lager						
TK: Total kvælstofmængde						
3.1 TAK i % af TK ab stald	46.9					
3.2 TAK i % af TK ab lager	50.0					
3.3 TAB i % af TK ab stald	6.3					
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN4 Ud/nedbringning						
Indgang TRIN4:				37.6	37.6	75.3
Tab ved spredning gylle	0.0	0.4	0.4			
Efter udspredning				37.6	37.3	74.9
Beregnet tabs% for henliggetid	0.0					
Tab pga henliggetid	0.0	0.0	0.0			
Udregnet tabs% ved anbringn.	24.3					
Tab anbringning	0.0	9.0	9.0			
Saml.tab nedbringning:	0.0	9.0	9.0			
Efter ud+nedbr.:				37.6	28.2	65.9
Udgang TRIN4:				37.6	28.2	65.9
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN5 Oms. i jord & optag. i planter						
Indgang TRIN5:				37.6	28.2	65.9
Til tab+pulje:	37.6	11.3	48.9			
Optages i planter:				0.0	16.9	16.9

## KVÆLSTOFBALANCE (udregnet ab foder + strøelse)

	-- Total kvælstof fordelt ud på produkterne --														
	---Total---			---Gylle---			---Ajle---			---Fast stg---			---Øvrigt---		
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot
Ind TRIN1 foder	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Ab dyr	27	53	80	0	0	0	5	46	51	22	7	29	0	0	0
Ind TRIN2	27	53	80	0	0	0	5	46	51	22	7	29	0	0	0
Strøelse tilfør	30	53	83	0	0	0	5	46	51	22	7	29	3	0	3
Strøelse indreg	30	53	83	0	0	0	5	46	51	25	7	32	0	0	0
Samlet i gylle	30	53	83	30	53	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eft. fordampn.	30	50	80	30	50	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= ab stald	30	50	80	30	50	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind TRIN3	30	50	80	30	50	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eft fdamp/lager	30	45	75	30	45	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter org:amm f	38	38	75	38	38	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Udgang TRIN3	38	38	75	38	38	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind TRIN4	38	38	75	38	38	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter udspredn.	38	37	75	38	37	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter ud+nedbr.	38	28	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ud TRIN4	38	28	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind trin5	38	28	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Til tab+pulje	38	11	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Optages i plt	0	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Udregnet ab lager:

Ind TRIN4	50	50	100
Efter udspredn.	50	49	99
Efter ud+nedbr.	50	37	87
Ind trin5	50	37	87
Til tab+pulje	50	15	65
Optages i plt	0	22	22

=====

Modellen HUGO (version 1), - model for kvælstof i husdyrgødning

Beregning udført d. 12.10.1990 kl. 16:18

AKTUELLE SITUATIONSPARAMETRE :

Beregninger valgt i : procent af input kvælstof

Dyr valgt : tung malkekvæg

Fodermængde valgt : minimum = 4400 FE/år

Foderkvalitet valgt : minimum1= 27 g N/FE

Staldsys valgt : gylle

Opholdstid i stald : helårsstald

Udbringningstidspunkt valgt : efterår

Temperatur ved udbringning : 5

Udbringningsvej : ugunstigt

Jordtemperatur : gødning på ikke frosen jord

Spredværkthøj : bladspreder

Nedbringningsmetode : på jord m/nedpløjning

Nedbringningstidspunkt : efter 6 timer

pH i gødning : høj

Jordtype : sandjord

Afgrøde : roer

-----

Valgte case har reference: 2111.22. 5.31152.324

Rækkefølgen for cifrene i ovenstående "kørsels-reference" er:  
 enhed, dyr, fodmngd, fodkvali, stald, udbringtid, temp, gunst  
 frost, spredtype, nedbringmetode, nedbringtidspkt, ph, jordtype, afgrøde:

=====

Dette er en model under udvikling, - en demonstrationsmodel!  
 Beregningsresultater skal tages med et stort forbehold. Læs  
 om datagrundlag og forudsætninger i projektets rapport!

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN1 Foderomsætning						
Indgang TRIN1 (foder):				100.0	0.0	100.0
N-total i fæces malkekvæg	33.0					
N-total i ajle malkekvæg	41.0					
Indhold i fæces:	24.7	8.2	33.0			
Indhold i urin:	4.1	36.9	41.0			
Status ab dyr:				28.9	45.1	74.0
Procentopgørelser:						
TAK: Ammonium-kvælstof ab dyr						
TOK: Organisk kvælstof ab dyr						
TK: Total kvælstofmængde						
1.1 TAK i % af TK ab dyr		61.0				
1.2 TAK i % af TK foder		45.1				
1.3 TOK i % af TK ab dyr		39.0				
1.4 TOK i % af TK foder		28.8				

	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN2 Gødningsomsætning						
Indgang TRIN2:				28.9	45.1	74.0
Tilførsel strøelse	3.0	0.0	3.0			
Strøelse indregnet				31.9	45.1	77.0
Samlet til gylle				31.9	45.1	77.0
Fordampning i stald	0.0	2.3	2.3			
Status ab stald:				31.9	42.9	74.7
Procentopgørelser:						
TAK: Ammonium-kvæls. ab stald						
TOK: Organisk kvæls. ab stald						
TK: Total kvælstofmængde						
2.1 TAK i % af TK ab dyr		58.0				
2.2 TAK i % af TK ab stald		57.4				
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN3 Gødningslagring/behandling						
Indgang TRIN3:				31.9	42.9	74.7
Fordamp gylle lager	0.0	4.3	4.3			
Org & amm fordel. gylle	35.2	35.2	70.5			
Udgang TRIN3				35.2	35.2	70.5
Procentopgørelser:						
TAK: Amm. kvælstof ab lager						
TOK: Org. kvælstof ab lager						
TAB: Kvælstoftab i lager						
TK: Total kvælstofmængde						
3.1 TAK i % af TK ab stald		47.1				
3.2 TAK i % af TK ab lager		50.0				
3.3 TAB i % af TK ab stald		5.7				
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN4 Ud/nedbringning						
Indgang TRIN4:				35.2	35.2	70.5
Tab ved spredning gylle	0.0	1.1	1.1			
Efter udspredning				35.2	34.2	69.4
Beregnet tabs% for henliggetid	18.2					
Tab pga henliggetid	0.0	6.2	6.2			
Udregnet tabs% ved anbringn.	8.2					
Tab anbringning	0.0	2.8	2.8			
Saml.tab nedbringning:	0.0	9.0	9.0			
Efter ud+nedbr.:				35.2	25.2	60.4
Udgang TRIN4:				35.2	25.2	60.4
	.....Ændring.....			.....Status.....		
	Org.N	Amm.N	Total	Org.N	Amm.N	Total
TRIN5 Oms. i jord & optag. i planter						
Indgang TRIN5:				35.2	25.2	60.4
Til tab+pulje:	35.2	21.4	56.6			
Optages i planter:				0.0	3.8	3.8

## KVÆLSTOFBALANCE (udregnet ab foder + strøelse)

	-- Total kvælstof fordelt ud på produkterne --														
	---Total---			---Gylle---			---Ajle---			---Fast stg---			---Øvrigt---		
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot	org	amo	tot
Ind TRIN1 foder	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Ab dyr	29	45	74	0	0	0	4	37	41	25	8	33	0	0	0
Ind TRIN2	29	45	74	0	0	0	4	37	41	25	8	33	0	0	0
Strøelse tilfør	32	45	77	0	0	0	4	37	41	25	8	33	3	0	3
Strøelse indreg	32	45	77	0	0	0	4	37	41	28	8	36	0	0	0
Samlet i gylle	32	45	77	32	45	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eft. fordampn.	32	43	75	32	43	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= ab stald	32	43	75	32	43	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind TRIN3	32	43	75	32	43	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eft fdamp/lager	32	39	70	32	39	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter org:amm f	35	35	70	35	35	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Udgang TRIN3	35	35	70	35	35	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind TRIN4	35	35	70	35	35	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter udsprede	35	34	69	35	34	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efter ud+nedbr.	35	25	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ud TRIN4	35	25	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ind trin5	35	25	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Til tab+pulje	35	21	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Optages i plt	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Udregnet ab lager:

Ind TRIN4	50	50	100
Efter udsprede	50	48	98
Efter ud+nedbr.	50	36	86
Ind trin5	50	36	86
Til tab+pulje	50	30	80
Optages i plt	0	5	5











## Afdelinger mv. under Statens Planteavlsforsøg

### Direktionen

Direktionssekretariatet, 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

### Landbrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele.....	86 65 25 00
Afdeling for Grovfoder og Kartofler, Forskningscenter Foulum, Postbox 21, 8830 Tjele.....	86 65 25 00
Afdeling for Industriplanter og Froavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde.....	42 36 18 11
Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, 4230 Skælskør.....	53 59 61 41
Afdeling for Kulturteknik, Flensborgvej 22, 6360 Tinglev.....	74 64 83 16
Afdeling for Jordbiologi og -kemi, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby.....	45 93 09 99
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi, Vejervej 55, 6600 Vejen.....	75 36 02 77
Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 25, 8830 Tjele.....	86 65 25 00
Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Enghavevej 2, 7100 Vejle.....	75 83 23 44
Borris Forsøgsstation, Vestergade 46, 6900 Skjern.....	97 36 62 33
Lundgård Forsøgsstation, Kongeåvej 90, 6600 Vejen.....	75 36 01 33
Ronhave Forsøgsstation, Hestehave 20, 6400 Sønderborg.....	74 42 38 97
Silstrup Forsøgsstation, Oddesundvej 65, 7700 Thisted.....	97 92 15 88
Tylstrup Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup.....	98 26 13 99
Odum Forsøgsstation, Amdrupvej 22, 8370 Hadsten.....	86 98 92 44
Laboratoriet for Biavl, Lyngby, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby.....	45 93 09 99
Laboratoriet for Biavl, Roskilde, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde.....	42 36 18 11

### Havebrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev.....	65 99 17 66
Afdeling for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev.....	65 99 17 66
Afdeling for Blomsterdyrkning, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev.....	65 99 17 66
Afdeling for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev.....	65 99 17 66
Afdeling for Landskabsplanter, Granlidevej 22, Hornum, 9600 Ars.....	98 66 13 33
Laboratoriet for Forædling og Formering, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev.....	65 99 17 66
Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev.....	65 99 17 66

### Planteværnscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby.....	42 87 25 10
Afdeling for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby.....	42 87 25 10
Afdeling for Jordbrugszoologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby.....	42 87 25 10
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse.....	53 58 63 00
Afdeling for Pesticidanalyser og Okotoksikologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse.....	53 58 63 00
Bioteknologigruppen, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby.....	42 87 25 10

### Centrallaboratoriet

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