

Reduceret ammoniakemission fra hønsesalte med dybstrøelse

Henrik Bang Jensen
Det Danske Fjerkræraad

Sven G. Sommer
Danmarks Jordbrugsforskning

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING.	13
2 KVÆLSTOFTAB FRA KOMPOSTERENDE FJERKRÆDYBSTRØELSE	15
2.1 KVÆLSTOF I FJERKRÆGØDNING	15
2.2 C:N FORHOLDET	15
3 KVÆLSTOF OG FOSFOR MASSEBALANCE I HØNSESTALD MED STRAW-FLOW UDMUGNING	17
3.1 OPGØRELSE AF KVÆLSTOFTAB	17
3.2 MASSEBALANCEN	17
4 UNDERSØGELSENS PRAKTISKE GENNEMFØRELSE	21
4.1 BESKRIVELSE AF PRODUKTIONSANLÆGGET	21
4.1.1 Stald og udearealer	21
4.1.2 Fodring – foder, strøfoder, grovfoder og skaller.	22
4.1.3 Ægindsamling	22
4.1.4 Strøelse	23
4.1.5 Udmugning	23
4.2 MÅLINGER	23
4.2.1 Hønevægt.	23
4.2.2 Foder – foder, strøfoder, grovfoder og skaller	23
4.2.3 Græs.	23
4.2.4 Halm	23
4.2.5 Dybstrøelse	24
4.2.6 Løbende registreringer	24
5 RESULTATER	25
5.1 N OG P MASSEBALANCE.	25
5.2 SAMMENHÆNG MELLEM DET BEREGNEDE HALMFORBRUG, C:N FORHOLD I STRØELSEN, STRØELSENS TØRSTOFINDHOLD OG KVÆLSTOFTABET FRA DYBSTRØELSE	28
5.3 HALMMÆNGDER	32
5.4 PRODUKTIONSRESULTATER	32
5.5 DISKUSSION	33
 Bilag A	 37

Forord

Denne undersøgelse er gennemført med støtte fra Program for renere produkter. Formålet med undersøgelsen har været

- at undersøge effekten af forskellige halmstrøelsesmængder på ammoniaktabet fra hønsestalde med dybstrøelse
- at afprøve et staldsystem til æglæggende høner på dybstrøelse, der kan håndtere store halmstrøelsesmængder.

Rapporten er udarbejdet af Det Danske Fjerkræraad i samarbejde med Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Bygholm. Den praktiske del af undersøgelsen er gennemført hos Elisabeth og Jens Otto Rasmussen, Stengården, der takkes for en stor arbejdsindsats og gode faglige diskussioner.

Projektet har haft en følgegruppe bestående af :

Søren Kjær, kontorchef, Skov- og Naturstyrelsen

Mads Leth Petersen, agronom, Skov- og Naturstyrelsen

Jens Otto Rasmussen, ægproducent, Stengården

Hans Benny Rom, seniorforsker, Danmarks Jordbrugsforskning

Sven G. Sommer, seniorforsker, Danmarks Jordbrugsforskning

Hans Peter Søeberg, konsulent, Landbrugets Rådgivningscenter

Henrik Bang Jensen, konsulent, Det Danske Fjerkræraad

Følgegruppen takkes for god praktisk og faglig støtte undervejs i projektet.

København, den 8. marts 2004

Sammenfatning og konklusioner

Kvælstoftabet i hønsesalde med dybstrøelse er betydeligt større end kvælstoftabet fra hønsesalde med bure. Det større ammoniaktab fra dybstrøelse skyldes, at der i gødningen foregår en komposteringsproces. Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C:N) har betydning for tabet af kvælstof ved kompostering. Normalt er C:N forholdet i fjerkrædybstrøelse lavt. Ved at øge C:N forholdet til ca. 20 kan kvælstoftabet mindskes. En forøgelse af C:N forholdet fordrer anvendelse af større halmmængder, end praksis er i dag. En anden effekt af øget halmmængde kunne være, at strøelsen blev holdt meget tør. Fjerkræ afgiver kvælstof som urinsyre, der er meget stabilt under tørre forhold.

Ideen i dette projekt har været at kortlægge kvælstoftabet i et staldsystem (straw-flow) i en økologisk hønsesætning, hvor der kan håndteres meget store halmmængder. Undersøgelsen er gennemført som otte delforsøg, hvor effekten af forskellige halmmængder på kvælstoftabet er undersøgt. Kvælstoftabet er bestemt ved massebalanceberegning med fosfor som tracer (sporstof). Fosfor tabes ikke ved fordampning (som tilfældet er med kvælstof), og det er derfor muligt at opstille en massebalance for fosfor i hele produktionssystemet. Den mængde fosfor, der afsættes på friland, kan ikke direkte måles, men beregnes som forskellen mellem tilført og fraført fosfor. Fosfor tilføres med strøelse og foder, og fraføres med æg og gødning.

Den udskilte kvælstof fordeler sig mellem frilandsarealet og stalden i samme forhold som den udskilte fosfor. Det kan derfor beregnes, hvor meget kvælstof, der er afsat med gødningen i stalden. Forskellen mellem den beregnede mængde kvælstof afsat i stalden og den målte er tabet af kvælstof fra stalden.

- Der blev fundet et statistisk sikkert fald i kvælstoftabet fra stalden med stigende C:N forhold.

Der blev fundet en signifikant negativ korrelation mellem det beregnede C:N forhold i strøelsen og det relative kvælstoftab, opgjort som pct. af kvælstofmængden afsat i stald (figur 6, afsnit 5.2). Der blev ved undersøgelsen fundet en negativ men ikke signifikant korrelation mellem strøelsesforbruget og kvælstoftabet.

- I tre af de otte delforsøg oversteg mængden af fosfor bortført med æg og dybstrøelse mængden af fosfor i foderet.

Der blev i tre af delforsøgene beregnet en negativ afsætning af gødning (fosfor) på friland (tabel 4 og 5, afsnit 5.1). Selv om måleusikkerhed ikke kan udelukkes som årsag, kan forklaringen også være, at hønerne udnytter andre fosfor (føde-)kilder på udearealerne end græs i langt højere grad end antaget

ved planlægningen af denne undersøgelse. Undersøgelsen understreger, at vores viden om hvordan og i hvilket omfang høner i produktionssystemer med adgang til friland udnytter udearealer, er mangelfuld.

Selv om den ovenfor beskrevne usikkerhed med hensyn til validiteten af massebalanceberegningerne gør, at den fundne korrelation mellem halmmængder og kvælstoftab skal tages med forbehold, tillægges den alligevel værdi. Hvis der på udearealerne er ubekendte fosfor- og kvælstofkilder, vil fejlberegningerne i første omgang føre til, at det beregnede kvælstoftab fra dybstrøelsen niveauforskydes, men rangeringen af de enkelte delforsøg efter kvælstoftab er uændret.

- De store halmmængder gjorde, at dybstrøelsen i alle delforsøg var meget tør. Tørstofindholdet i dybstrøelsen varierede fra 54,2 til 74,5 pct.

Der blev ikke fundet signifikant korrelation mellem strøelsens tørstofindhold og kvælstoftabet (figur 7, afsnit 5.2). Det kan skyldes, at strøelsen i alle delforsøg var tør/meget tør med tørstofprocenter over 50 pct. og i et enkelt delforsøg over 70 pct. (tabel 10, afsnit 5.2).

- I strawflow stalden kunne der håndteres 10-20 gange den normale halmmængde.

De høje tørstofprocenter indikerer, at det er lykkedes at håndtere meget store halmmængder i det undersøgte staldsystem. Målt på mængden af halm er der i de delforsøg, hvor der er anvendt mest halm, anvendt mellem 10 og 20 gange den mængde halm, der almindeligvis anvendes i dybstrøelsesstalde til konsumægshøner (tabel 11, afsnit 5.3).

Forsøget har vist, at det er muligt at mindske kvælstoftabet fra dybstrøelsesstalde ved at øge mængden af halmstrøelse. Forsøget har også vist, at der i den undersøgte stald kunne håndteres 10-20 gange så store halmstrøelsesmængder som normalt. Men forsøget har også vist, at den anvendte massebalancemodel for kvælstof og fosfor muligvis er utilstrækkelig. I en åben og naturligt ventileret stald som den undersøgte, er massebalanceberegninger den eneste praktisk anvendelige metode til at fastsætte ammoniaktabet. Det skyldes, at luftskiftet ikke kan måles som i mekanisk ventilerede stalde, hvor al luftafkastet sker gennem relativt få åbninger. I den naturligt ventilerede stald kan værdier for luftskifte og værdier for luftkoncentrationer af ammoniak derfor ikke sammenholdes. Skal der i fremtiden foretages beregninger af ammoniaktabet fra naturligt ventilerede hønsestalde, skal der oparbejdes en større viden om hønernes brug af udearealerne og hvilke fødekilder, hønerne udnytter på friland.

Summary and conclusions

Nitrogen loss in deep litter houses is considerably larger than nitrogen loss from battery cage houses. The substantial ammonia loss in deep litter houses is due to the decomposition process in the manure. The ratio of carbon and nitrogen (C:N) is of significance to the loss of nitrogen through decomposition. Usually the C:N ratio in poultry deep litter is low. By increasing the C:N ratio to about 20, the nitrogen loss can be minimised. An increase in the C:N ratio necessitates use of larger quantities of straw than those used today. Another consequence of using increased quantities of straw may be that the litter is kept very dry. Poultry excrete nitrogen as uric acid, which is very stable under dry conditions.

The objective of this project was to survey the nitrogen loss in a housing system (straw-flow) of an organic hen stock in which large quantities of straw may be used. The survey was carried out as eight separate surveys in order to disclose what influence the use of various quantities of straw may have on the nitrogen loss. The nitrogen loss is determined through a unit mass balanced calculation using phosphorus as tracer. Phosphorus does not evaporate (as is the case with nitrogen) and therefore it is possible to make a mass unit balance for phosphorus throughout the entire production system. The quantity of phosphorus deposited outdoors cannot be directly measured, but is calculated as the difference between admission and elimination of phosphorus. Phosphorus is added through the litter material and feed and eliminates through eggs and manure.

The excreted nitrogen is divided between the outdoor area and the house at the same ratio as the excreted phosphorus. It is therefore possible to calculate the quantity of nitrogen that is being deposited in the house. The difference between the calculated quantity of nitrogen in the manure and the quantity measured represents the loss of nitrogen from the house.

- In houses with an increasing C:N ration a statistical significant fall in the nitrogen loss was demonstrated

A significant negative correlation between the calculated C:N ratio in the litter and the relative nitrogen loss measured as a percentage of the quantity of nitrogen deposited in the house was demonstrated (figure 6, section 5.2). The survey showed a negative, but not significant correlation between the consumption of litter and the nitrogen loss.

- In three of the eight separate surveys the quantity of phosphorus eliminated through eggs and deep litter exceeded the quantity of phosphorus in the feed

In three separate surveys a negative deposit of manure (phosphorus) outdoors was calculated (tables 4 and 5, pages 20 – 21). Although subject to some uncertainty, the reason might be that - to a larger extent than presupposed in the planning of this survey - the hens use other phosphorus (feed) sources than grass when outdoors. The survey emphasises that our knowledge on how and to what extent hens in production systems with access to outdoor areas actually utilise these areas, is insufficient.

In spite of the uncertainty as regards the validity of the unit mass balanced calculation mentioned above, the demonstrated correlation between quantities of straw and the loss of nitrogen should be considered to be of some importance. If unknown sources of phosphorus and nitrogen are found in the outdoor area, the miscalculation will at first imply a shifting of the level of the calculated loss of nitrogen from deep litter, while the ranging of the separate surveys on nitrogen loss is unchanged.

- The large quantities of straw meant that the deep litter in all separate surveys was very dry, the dry matter content in the deep litter varied from 54.2 – 74.5 per cent.

No significant correlation between the dry matter content in the deep litter and the nitrogen loss was demonstrated (figure 7, page 26). This may be because the litter in all separate surveys was dry/very dry, with a dry matter content above 50 %, and in one separate survey above 70 % (table 10, section 5.2).

- 10 – 20 times the usual quantities of straw was handled in the straw flow house

The high percentages of solids indicate that it was possible to handle very large quantities of straw in the surveyed housing systems. In those surveys where most straw was used, the quantities were 10 – 20 times the usual quantities used in deep litter houses for table egg hens (table 11, section 5.3).

The survey demonstrated that it is possible to reduce the nitrogen loss in deep litter houses by increasing the quantity of litter. Furthermore, the survey demonstrated that the houses surveyed could handle litter quantities 10 – 20 times the usual quantities. The survey, however, also demonstrated that the applied unit mass balanced model for nitrogen and phosphorus may be insufficient. In an open and naturally ventilated house as that surveyed, the unit mass balanced calculation is the only practical method to determine the ammonia loss. The

exchange of air cannot be measured, contrary to mechanically ventilated houses in which all return of air takes place through relatively few openings. In the naturally ventilated house the value of air exchange and the value of air concentration of ammonia are therefore not comparable. If, in the future, calculations are made of the ammonia loss from a naturally ventilated hen house, greater knowledge on the hens' use of outdoor areas and what sources of feed the hens use when outdoors should be achieved.

1 Indledning

I bestræbelserne på at nedsætte kvælstoftabet fra landbruget har fokus været på kvælstofudvaskning. Men ifølge "Handlingsplan til reduktion af ammoniakfordampningen fra landbruget" (Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen 2001) sker en tredjedel af landbrugets samlede kvælstoftab som ammoniakfordampning. Den største enkeltkilde til ammoniakfordampning fra landbruget er fordampningen fra stalde.

Ca. 40% af konsumægshønerne i Danmark holdes i stalde med dybstrøelse (blanding af strøelse og gødning). De resterende 60% holdes i bure. Andelen af konsumægshøner, der går i dybstrøelsesstalde, er steget markant siden starten af 90'erne, hvor andelen af konsumægshøner på dybstrøelse var ca. 10 pct. af alle konsumægshøner.

Kvælstoftabet i hønsestalde med dybstrøelse er betydeligt større end kvælstoftabet fra hønsestalde med bure. Ved beregning af de danske normtal for husdyrgødning fastsættes staldtabet af kvælstof fra dybstrøelsesarealer i hønsestalde til 25-28 pct. af kvælstofmængden af dyr. Staldtabet af kvælstof fra burstalde er fastsat til 10-12 pct. af ab dyr mængden. Langt det største kvælstoftab sker som ammoniak-fordampning.

Dybstrøelsesstalde til høner anses i almindelighed for at have et større potentiale for dyrevelfærd end de mere restriktive buranlæg. Den store ammoniakfordampning fra dybstrøelsesstalde gør, at der er en konflikt mellem hensynet til dyrevelfærd og hensynet til det omgivende miljø.

Det større ammoniaktab fra dybstrøelse skyldes, at der i gødningen foregår en komposteringsproces. Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C/N) har betydning for tabet af kvælstof ved kompostering. I eksisterende dybstrøelsesstalde vil C/N forholdet være for lavt til at minimere kvælstoftabet. En forøgelse af C/N forholdet fordrer anvendelse af større halmmængder, end praksis er i dag. Det er ikke umiddelbart muligt at håndtere de store strøelsesmængder i de eksisterende stalde.

Inden for svinesektoren har straw-flow systemet været kendt i flere år. Princippet i straw-flow systemet er, at gulvet i dyrenes opholdsområder er svagt skrånende. I den øvre ende tilføres halm. Ved dyrenes aktivitet flyttes halm og gødning til den lave ende, hvor gødning og halm kan opsamles og fjernes.

Ideen i dette projekt er at afprøve og kortlægge kvælstoftabet i et tilrettet straw-flow staldsystem i en økologisk hønsebesætning, hvor der kan håndteres meget store halmmængder.

2 Kvælstoftab fra komposterende fjerkrædybstrøelse

2.1 Kvælstof i fjerkrægødning

Hønerne afsætter kvælstof i form af urinsyre. I en tør dybstrøelsesmätte vil den tungt omsættelige urinsyre ikke blive omsat. Urinsyre er ikke flygtig. Fastholdes gødningskvælstof som urinsyre, vil tabet af kvælstof ved udsendelse af gasserne ammoniak, frit kvælstof og lattergas være lavt. Er strøelsesmätten der imod fugtig, og hvis der er tilgang af ilt til strøelsesmätten, vil komposteringsprocesserne omdanne urinsyren via mellemproduktet urea til ammonium. Ammonium kan tabes gennem ammoniakfordampning.

Langt den største del af kvælstoftabet i en dybstrøelsesstald sker gennem fordampning af ammoniak. Foruden tab af kvælstof ved ammoniakfordampning kan der også forekomme nitrifikation og denitrifikation i dybstrøelsen, hvilket vil bidrage til et kvælstoftab i form af rent kvælstof (N_2) og lattergas (N_2O).

2.2 C:N forholdet

Hvis forholdene for kompostering er til stede (dvs. tilgang af ilt og passende fugtighed), dannes der ammonium i dybstrøelsesmätten. Ved at fremme den mikrobielle omsætning af ammonium til organisk kvælstof, kan tabet af ammonium gennem ammoniakfordampning mindskes. I lagret gødning, hvor der ikke findes kvælstoffraktioner i form af urea eller urinsyre, vil et stigende indhold af kulstof i forhold til kvælstof medføre, at kvæstoffet især findes i form af ikke flygtigt organisk kvælstof (immobilisering af kvælstof).

Det er kulstof i halmstrøelsen (eller andet organisk strøelsesmateriale), der bidrager med energi til dannelsen af bundet kvælstof. Derfor benyttes C:N forholdet i gødningen ofte som en indikator for binding af ammonium. C:N forholdet er en lidt usikker indikator, da kulstofs tilgængelighed afhænger af kilden, f.eks. er cellulose mindre tilgængeligt end sucrose. Kirchmann (1985) har angivet, at et C:N forhold over 20 er nødvendigt for hønsedybstrøelse, hvis man ønsker at reducere ammoniakfordampningen. Lignende resultater er fundet for komposteret kvægdybstrøelse hvorfra ammoniaktabet var 39 % ved et C:N forhold på 18 men kun 16 % ved et C:N forhold på 24 (Kirchmann and Witter (1989)).

Et lavere C:N forhold end 20 kan imidlertid også vise sig at bidrage til at reducere kvælstoftabet, idet strøningen kan fremme en tør dybstrøelsesmätte. I en tør dybstrøelsesmätte vil den tungt omsættelige urinsyre ikke blive omsat.

I bilag A er det teoretiske C:N forhold i hønsegødning og -strøelse beregnet.

3 Kvælstof og fosfor massebalance i hønsestald med straw-flow udmugning

3.1 Opgørelse af kvælstoftab

Kvælstoftabet fra en stald afhænger både af luftskifte og af luftens indhold af ammoniak. I en økologisk dybstrøelsesstald, hvor dyrene har adgang til det fri, vil luftskiftet via udgangsåbninger være så stort, at stalden ikke behøver mekanisk ventilation, men i princippet er naturligt ventileret. Luftskiftet i en hønsestald med naturlig ventilation kan ikke skønnes, og er svært at måle. Et lavt ammoniakindhold i luften kan i lige så høj grad skyldes, at luftskiftet er højt, som at ammoniakfordampningen er lav. Det er således af interesse at måle det samlede kvælstoftab fra stalden, herunder opgøre hvor meget kvælstof der afsættes på udearealer.

I denne undersøgelse vil det samlede kvælstoftab i straw-flow systemet blive målt ved at lave en opgørelse af N og P massebalance for stalden. I massebalancen vil også indgå beregning, dels af hvor meget gødning, der afsættes på udearealet, og dels af hvor meget kvælstof og fosfor hønsene optager ved afgræsning af udearealer. Det vil også blive undersøgt, om en større halmtilførsel vil begrænse kvælstoftabet, enten fordi stigende halmmængder bidrager til at holde strølsen tør eller som følge af et større C:N forhold og immobilisering af kvælstof.

3.2 Massebalancen

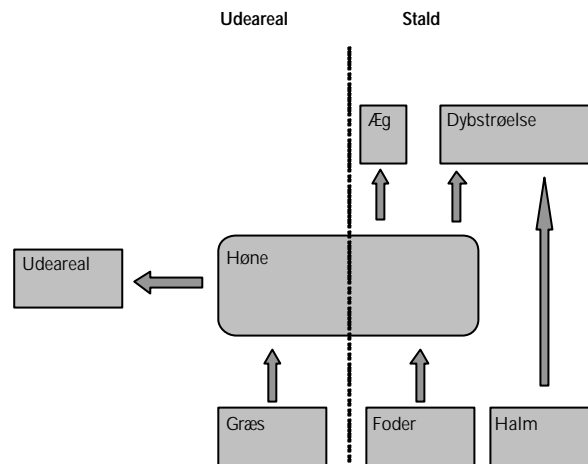
Figur 1 viser fosfor-flowet i produktionsanlægget. Fosfor tabes ikke ved fordampning (som tilfældet er med kvælstof), og det er derfor muligt at opstille en massebalance for fosfor i hele produktionssystemet. Den mængde fosfor, der afsættes på friland, kan ikke direkte måles, men beregnes som forskellen mellem tilført og fraført fosfor. Fosfor tilføres med strøelse og foder og fraføres med æg og gødning.

Den udskilte kvælstof fordeler sig mellem frilandsarealet og stalden i samme forhold som den udskilte fosfor. Ved at analysere for kvælstof i foder halm m.v., kan det *beregne*de forhold mellem fosfor og kvælstof i gødningen beregnes. Ved at analysere for fosfor og kvælstof i dybstrøelsen fås det *målte* forhold mellem fosfor og kvælstof. Forskellen mellem den beregnede mængde kvælstof i gødningen og den målte er tabet af kvælstof fra stalden

Det antages, at der ikke sker aflejring af kvælstof og fosfor i hønsene i løbet af perioden for beregning af massebalance. Til stalden føres kvælstof og fosfor i form af foder og i græs, som hønsene har spist på udearealerne, endvidere tilføres en del kvælstof og fosfor til stalden i strøelseshalmen. Fra stalden bortføres kvælstof og fosfor i form af æg, dybstrøelse og gødning, der afsættes på udearealerne.

Det er praktisk umuligt at give et præcist mål for den mængde kvælstof og fosfor, som hønerne optager via græs. Ved at udlægge høstparceller kan der gives et overslag over mængden af kvælstof og fosfor, som hønsene optager i græs på udearealerne. Mængden af tilført kvælstof og fosfor i foder og halm kan måles og mængden af udmuget kvælstof og fosfor i dybstrøelse kan ligeledes måles.

Figur 1. fosforflowet i produktionsanlægget



Det kan beregnes hvor meget fosfor hønerne afsætter i gødning totalt da:

$$\text{fosfor afsat i gødning} = \text{fosfor i foder} + \text{fosfor i græs} - \text{fosfor i æg}$$

Der vil være en mindre fejl, da hønsene æder en del af strøleseshalmen og derfor optager fosfor fra halmen. Mængden af fosfor afsat på udearealer kan beregnes da:

$$\text{fosfor afsat på udearealer} =$$

$$\text{fosfor i foder} + \text{fosfor i græs} + \text{fosfor i halm} - \text{fosfor i æg} - \text{fosfor i dybstrøelse}.$$

Med kendskab til forholdet mellem kvælstof og fosfor i gødningen kan det beregnes, hvor meget gødningskvælstof, der er afsat på udearealerne og mængden afsat i dybstrøelsen. Med kendskab til mængden af gødningskvælstof afsat i dybstrøelsen og mængden af kvælstof tilført i halmen og mængden af kvælstof udmuget kan kvælstof tabet beregnes (tabel 1).

Tabel 1. Massebalance for kvælstof og fosfor i en hønsesald med strawflow.

Til/fra	Kilde	Komponent	
Tilført	Halm	N og P	Måles, P_{halm}, N_{halm}
	Foder	N og P	Måles, P_{foder}, N_{foder}
	Græs	N og P	Måles, $P_{græs}, N_{græs}$
	Gødning (af dyr)	N og P	$P_{eks} = (P_{foder} + P_{græs}) - P_{æg}$ $N_{eks} = (N_{foder} + N_{græs}) - N_{æg}$
Bortført	Gødning på udearealer	N og P	$P_{ude} = (P_{halm} + P_{foder} + P_{græs}) - P_{dybstrøelse}$ $N_{ude} = \frac{N_{eks}}{P_{eks}} * P_{ude}$
	Dybstrøelse	N og P	Måles, $P_{dybstrøelse}, N_{dybstrøelse}$
	Gasformig tab	N	$N_{tab} = (N_{halm} + N_{foder} + N_{græs}) - (N_{dybstrøelse} + N_{ude})$

Referencer:

Kirchman, H. og Witter, E. (1989) Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. Plant and Soil 115, 35-41.

Kirchmann, H. 1985. Losses, Plant Uptake and Utilisation of Manure Nitrogen during a Production Cycle. Acta Agriculturae Scandinavica, supplementum 24. Pp 40-41.

4 Undersøgelsens praktiske gennemførelse

Undersøgelsen gennemførtes som 8 delforsøg af ca. 6 ugers varighed. Det var målet at gennemføre delforsøgene med 4 forskellige halmmængder, der hver blev gentaget 2 gange. Den højeste halm dosering skulle bringe C:N forholdet i dybstrøelsen op på 20, jf. afsnit 2.2 og bilag A. Praktiske forhold og hensynet til hønernes velfærd satte dog en grænse for, hvor langt op og hvor langt ned i halm dosering, det var være muligt at gå. Meget store halmmængder kan begrave inventaret. Omvendt kan halmmængderne blive så små, at strøelsen ikke kan holdes tør og at hønernes velfærd derfor kompromiteres.

Der blev analyseret for kvælstof (N), fosfor (P) og tørstof i foder, æg, græs, halm og dybstrøelse til brug for massebalanceberegningerne.

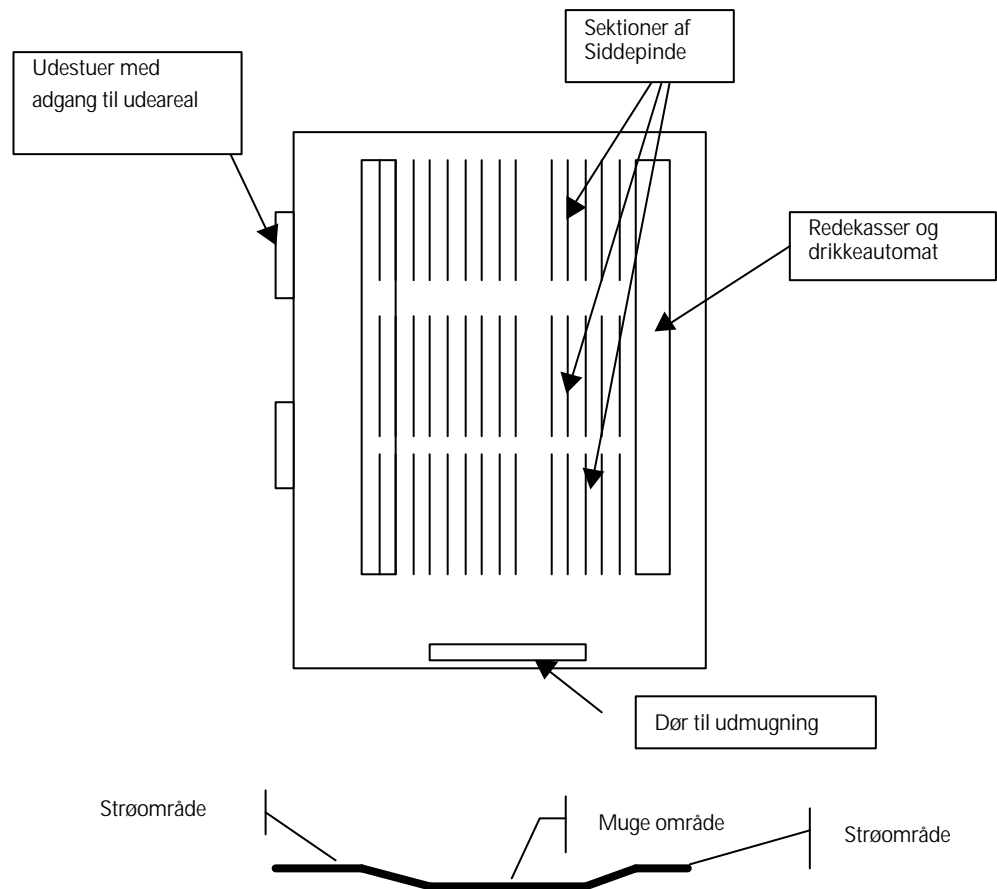
4.1 Beskrivelse af produktionsanlægget

Undersøgelsen blev gennemført i en økologisk konsumægsbesætning med ca. 1200 høner. Stalden er en ombygget kostald og har været anvendt til økologisk ægproduktion i 4 år. Ejendommen er fuldt omlagt til økologisk produktion.

4.1.1 Stald og udearealer

Stalden, hvor undersøgelsen gennemførtes, måler 230 m². I figur 2 er vist en skitse af staldens grundplan. Stalden er indrettet så en bobcat (minilæsser) kan komme ind gennem en dobbeltdør i gavlen af stalden. Fra døren og langs hele den højre langside er der i tre grupper på tværs af stalden placeret siddepinde. I venstre og højre blev gulvet forhøjet i forhold til midten af stalden, halmen strøs på disse forhøjninger og hønsernes aktivitet medfører at strøelse og gødning langsomt flyttes ned i det lavere liggende område midt i stalden (straw-flow princippet). I venstre side af gangen er der åbninger, så hønserne har adgang til såkaldte udestuer. Udestuerne ligger som lave sidebygninger langs med selve stalden. Det er bygninger uden bund og med tag af lysgennemskinnelige plader. I denne undersøgelse er udestuerne i princippet en del af udearealet, da den gødning, der afsættes her, ikke fjernes og derfor ikke bidrager til mængden af dybstrøelse. Fra udestuerne er der fri adgang til de egentlige udearealer. Udearealerne udgør ca. 1 ha (10.000 m²). Udearealerne er tilplantet med forskellige træarter for at gøre det attraktivt for hønserne at færdes ude.

Figur 2. Skitse af stalden.



4.1.2 Fodring – foder, strøfoder, grovfoder og skaller.

I besætningen anvendes hjemmeblandet foder. De fleste råvarer er avlet på ejendommen, men bl.a. vitamin- og mineralblanding indkøbes. Foderet blandes ca. 1 gang ugentlig og udfodres med et kædetrugsanlæg.

Udover det egentlige foder tildeles dagligt helt korn i strølsen, kaldet strøfoder. Strøfoder tildeles primært for at stimulerer hønerne. Der tildeles også dagligt grovfoder, ofte affald (f.eks. gulerodstop) fra grøntsagsproduktionen på ejendommen. Hønerne tilbydes også østersskaller som calciumkilde.

4.1.3 Ægindsamling

Stalden er forsynet med forsvindingsreder. Æggene føres med bånd til pakkerum.

4.1.4 Strøelse

Der blev anvendt halm som strøelse. Halmen var lagret som småballe. Halmen blev ikke snittet.

4.1.5 Udmugning

Udmugning foregik med bobcat (minilæsser). Dybstrøelsen læssedes på enakslet landbrugsvogn og blev kørt til gødningslager.

4.2 Målinger

4.2.1 Hønevægt.

Ved start af hvert delforsøg og igen ca 4 uger henne i delforsøget blev ca. 10 høner vejede. I massebalanceberegningerne indgår ikke N og P aflejret i hønernes tilvækst, da mængderne anses for ubetydelige. Vejningerne af hønerne er derfor kun en kontrol af denne antagelse og dels en kontrol af hønernes almindelige trivsel.

4.2.2 Foder – foder, strøfoder, grovfoder og skaller

Ved hver foderblanding (ca. en gang ugentligt) blev der udtaget en repræsentativ prøve til analyse. I alt samledes 6-8 prøver til analyse afhængig af delforsøgsperiodens varighed. Foderet blev vejede. Ved slutningen af et delforsøg tilbagevejedes resterende foder.

I hvert delforsøg blev der udtaget en prøve af strøfoderet til analyse. Mængden af strøfoder blev vejede.

Grovfoderet var problematisk rent analysemessigt, da det er et meget uensartet materiale (primært grøntsagsaffald). Da det bidrog meget lidt til N og P massebalancen blev der kun udtaget stikprøver til analyse i delforsøg 1 og 7. Sammensætningen (ex. gulerod, kålblade, rødbede) og vægt registreres.

I hvert delforsøg blev der udtaget en prøve af østersskallerne til analyse. Mængden af østersskaller blev vejede.

4.2.3 Græs.

I 5 indhegnede parceller á $\frac{1}{4}$ m² afklippedes græsset en gang i slutningen af delforsøget. Parcellerne var afhøstede ved hvert delforsøgs start. En prøve fra hver parcel blev udtaget til analyse. Resultaterne fra delparcellerne blev omregnet til udearealets samlede areal (1 ha = 10.000 m².)

4.2.4 Halm

Ved starten af et delforsøg blev ca. 10 baller vejede til beregning af gennemsnitsvægt. Der blev udtaget en prøve fra hver balle, og prøverne pooledes til en prøve til analyse.

4.2.5 Dybstrøelse

Hvert læs dybstrøelse blev vejet på vejeceller. Fra hvert læs blev der udtaget en repræsentativ prøve til analyse.

4.2.6 Løbende registreringer

Antal indsamlede æg registreredes dagligt.

Afgang af høner registreredes løbende.

Antal anvendte halmballer til strøelse registreredes løbende.

5 Resultater

Delforsøg 1 påbegyndtes den 5. maj 2001 og delforsøg 8 afsluttedes den 10. maj 2002. Den samlede forsøgsperiode var på 370 dage, og de enkelte delforsøg varede mellem 38 og 52 dage (tabel 2)

Høneflokkene har gennem hele perioden haft en produktivitet bedre end normen (foderforbrug og ægproduktion) og en lavere dødelighed end normen, jf. tabel 12, afsnit 5.4.

Tabel 2. Start- og slutdatoer for de enkelte delforsøg

Delforsøg nr.	Høner, stk. (gns.)	Startdato	Slutdato	Varighed, dage
1	1219	5/5 2001	20/6 2001	46
2	1214	21/6 2001	8/8 2001	48
3	1207	8/8 2001	20/9 2001	43
4	1195	21/9 2001	6/11 2001	46
5	1187	7/11 2001	20/12 2001	43
6	1178	21/12 2001	7/2 2002	48
7	1161	8/2 2002	18/3 2002	38
8	1138	19/3 2002	10/5 2002	52

Høst af græsparceller blev gennemført i delforsøg 1-3. Herefter skønnes græsvæksten at være ophørt eller ubetydelig. Delforsøg 3 sluttede d. 20. september 2001.

5.1 N og P massebalance.

Resultaterne af massebalanceberegningerne er vist i tabel 3 og tabel 4. I tabel 5 og 6 er resultaterne omregnet til gram pr. høne pr. dag.

Tabel 3. Fosfor (P) massebalance. Absolutte mængder.

Delforsøg	Komponent, kg P pr. delforsøg						
	Halm	Foder ^{*)}	Græs	Æg	Dybstrøelse	af dyr (ex. halm)	P på udearealer
1	0,3	34,5	8,7	6,1	23,5	37,0	13,9
2	0,3	38,2	6,3	6,2	21,2	38,3	17,4
3	0,5	35,2	5,2	5,5	18,0	34,9	17,3
4	0,6	33,5		5,4	22,8	28,1	5,9
5	0,4	34,8		5,3	32,7	29,5	-2,8
6	0,5	31,1		6,1	31,4	25,1	-5,9
7	0,8	28,2		4,1	28,2	24,1	-3,3
8	0,7	39,9		5,5	34,8	34,4	0,3

^{*)}Foder omfatter foruden selve fuldfoderet også grovfoder, strøfoder og skaller

Tabel 4. kvælstof (n) massebalance. Absolutte mængder.

Del-forsøg	Komponent, kg N pr delforsøg							N tab	
	Halm	Foder ^{*)}	Græs	Æg	Dyb-strøelse	ab dyr (ex. halm)	N på udearealer	kg	pct. af N afsat i stald ^{**)}
1	4,2	178,5	48,2	55,0	47,9	171,7	64,3	63,7	57,1
2	2,4	179,4	41,8	56,8	38,5	164,3	74,6	53,7	58,2
3	3,4	159,2	33,7	43,8	39,7	149,0	74,0	38,7	49,3
4	4,7	162,0		53,3	50,5	108,7	22,7	40,2	44,3
5	3,8	178,3		52,4	72,6	126,0	-12,1	69,3	48,8
6	4,7	159,3		57,4	65,7	102,0	-23,9	64,9	49,7
7	5,4	124,7		43,1	60,5	81,6	-11,1	37,6	38,3
8	5,4	143,8		42,7	69,0	101,1	0,9	36,6	34,7

^{*)} Foder omfatter foruden selve fuldfoderet også grovfoder, strøfoder og skaller

^{**)} N afsat i stald = (N ab dyr + N i halm) – N på udearealer

Tabel 5. Fosfor (P) massebalance. Pr. høne pr. dag

Del-forsøg	Komponent, g P pr. høne pr. dag						
	Halm	Foder ^{*)}	Græs	Æg	Dyb-strøelse	ab dyr (ex. halm)	P på udearealer
1	0,01	0,62	0,16	0,11	0,42	0,66	0,25
2	0,01	0,66	0,11	0,11	0,36	0,66	0,30
3	0,01	0,68	0,10	0,11	0,35	0,67	0,33
4	0,01	0,61	0,00	0,10	0,41	0,51	0,11
5	0,01	0,68	0,00	0,10	0,64	0,58	-0,05
6	0,01	0,55	0,00	0,11	0,56	0,44	-0,10
7	0,01	0,64	0,00	0,09	0,64	0,55	-0,07
8	0,01	0,67	0,00	0,09	0,59	0,58	0,01

^{*)} Foder omfatter foruden selve fuldfoderet også grovfoder, strøfoder og skaller

Tabel 6. Kvælstof (N) massebalance. Pr. høne pr. dag.

Del-forsøg	Komponent, g pr. høne pr. dag							N tab	
	Halm	Foder ^{*)}	Græs	Æg	Dyb-strøelse	ab dyr (ex. halm)	N på udearealer	g	pct. af N afsat i stald ^{**)}
1	0,07	3,18	0,86	0,98	0,85	3,06	1,15	1,14	57,1
2	0,04	3,08	0,72	0,97	0,66	2,82	1,28	0,92	58,2
3	0,07	3,07	0,65	0,84	0,76	2,87	1,43	0,75	49,3
4	0,09	2,95	0,00	0,97	0,92	1,98	0,41	0,73	44,3
5	0,07	3,49	0,00	1,03	1,42	2,47	-0,24	1,36	48,8
6	0,08	2,82	0,00	1,02	1,16	1,80	-0,42	1,15	49,7
7	0,12	2,83	0,00	0,98	1,37	1,85	-0,25	0,85	38,3
8	0,09	2,43	0,00	0,72	1,17	1,71	0,02	0,62	34,7

^{*)} Foder omfatter foruden selve fuldfoderet også grovfoder, strøfoder og skaller

^{**)} N afsat i stald = (N ab dyr + N i halm) – N på udearealer

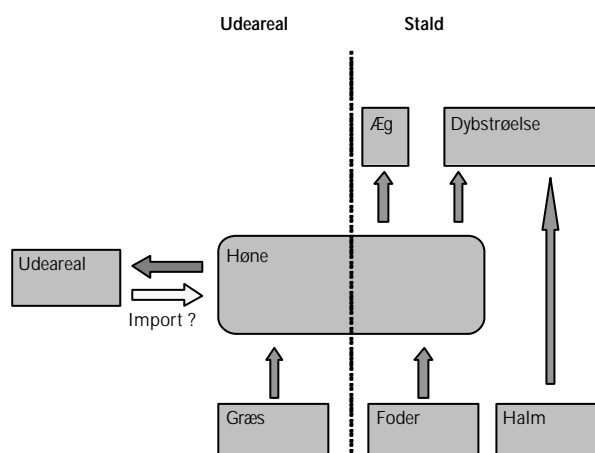
I delforsøg 3-5 er der beregnet en negativ afsætning af fosfor på udearealerne. Det betyder, at der ved analyserne er fundet mere fosfor i dybstrøelsen og aflejret i æggene, end der er tilført med foder og halm.

Massebalanceberegningerne bygger på stikprøvevis udtagning af prøver af foder, dybstrøelse m.v. til analyse, og stikprøver vil altid være behæftet med en vis usikkerhed. Desuden vil der på den tid af året, hvor der er græsvækst, være et betydeligt usikkerhedsmoment, da græsmængden og dermed fosfor og kvælstofbidraget fra græs, er uhyre vanskelig at bestemme. Usikkerheden omkring kvælstof- og fosforbidraget fra græs spiller imidlertid ikke ind i delforsøg 5-7, hvor fosforafsætningen på udearealerne bestemmes til en negativ værdi, da de alle ligger i vintermånederne og det tidlige forår.

En anden forklaring end metodeusikkerhed kan derfor være, at hønsene udnytter en fosforkilde på udearealerne, som der ikke er taget højde for i undersøgelsen. Tages de beregnede værdier for fosforafsætning på udearealerne for pålydende, betyder en "negativ" afsætning på friland at der er "importeret" fosfor fra udearealerne til dybstrøelsen. Det vil i givet fald betyde, at hønerne på udearealerne henter fosfor fra andre fødeemner end græs. Videre vil det betyde, at den i tabel 3 og tabel 5 anførte værdi for fosfor på udearealer angiver størrelsen af nettoeksporten af fosfor fra stald til udearealer (figur 3) i stedet for specifikt at angive størrelsen af fosfordeponeringen på udearealer.

I balanceberegningen skal fosforinputtet balancere med fosforaflejringer i æg og fosforoutputtet på friland og i dybstrøelsen. Hvis fosforinputtet er underestimeret, vil det medføre en tilsvarende underestimering af fosforafsætningen på friland. Dermed bliver andelen af gødning afsat på friland bestemt til for lav en værdi. Hvis hønsene udnytter en ukendt fosforoptyag på friland må det dog formodes, at der samtidig sker en optagelse af kvælstof. Effekten på det beregnede kvælstoftab vil afhænge af forholdet mellem fosfor og kvælstof (N/P forholdet) i den ukendte kilde. Hvis N/P forholdet i kilden svarer til N/P forholdet i gødningen af dyr, vil det relative kvælstoftab fra stalden være uændret. Hvis N/P forholdet i kilden overstiger N/P forholdet i gødningen, vil det relative N-tab blive større end beregnet i tabel 3 og 5.

Figur 3. Fosforflowet i produktionsanlægget II (jf. figur 2)



I denne undersøgelse er staldtabet af kvælstof bestemt til mellem 34,5 og 58,2 procent af mængden af kvælstof afsat i stald, hvilket er meget højt. I normtallene for husdyrgødning anvendes tabsprocenter for kvælstof fra hønsedybstrøelse på mellem 25 og 28 procent. Sammenholdt med de høje tørstofprocenter i dybstrøelsen og den tidligere omtalte stabilitet af kvælstof i tør fjerkrægødning, er tabsprocenterne overraskende høje. Det er det almindelige indtryk, at ammoniakniveauet i staldluften i det produktionsanlæg, hvor undersøgelsen er gennemført, er meget lavt. Dette peger i retning af at de fundne tabsprocenter er for høje.

Trods de ovenfor nævnte usikkerheder vedrørende bestemmelsen af kvælstoftabet, er der i det følgende foretaget en sammenstilling af kvælstoftabet og en række andre af de i undersøgelsen beregnede eller målte parametre. Hvis bidraget fra en evt. ubekendt fosforkilde er nogenlunde konstant, vil alle de beregnede kvælstoftab være niveauforskudt, men rangeringen af de enkelte delforsøg efter kvælstoftab vil være uændret.

5.2 Sammenhæng mellem det beregnede halmforbrug, C:N forhold i strøelsen, strøelsens tørstofindhold og kvælstoftabet fra dybstrøelse

I tabel 7 og 8 er der foretaget en beregning af C:N forholdet i strøelsen efter de retningslinier, der er anført i bilag A. C:N forholdet er i tabel 9 sammenstillet med strøelsens tørstofindhold, strøelsesmængden i gram halm pr. høne pr. dag og det relative kvælstoftab. Det relative kvælstoftab er opgjort som:

$$\text{N-tab procent} = 100 * (\text{N-tab i stald, kg} / (\text{N ab dyr} + \text{N i halm} - \text{N afsat på udearealer}))$$

Det var planlagt, at de højeste haldoseringer skulle give et beregnet C:N forhold på 20. Selv i det undersøgte staldsystem, hvor strøelsen blev fjernet hver 6.-7. uge, var det ikke muligt at anvende så store strøelsesmængder, at et beregnet C:N forhold på 20 kunne opnås. At der for alle delforsøg under et blev anvendt relativt store strøelsesmængder indikeres af tørstofindholdet i dybstrøelsen, der i alle delforsøg var over 50% og i delforsøg 3 nåede helt op over 70%.

Det højeste beregnede C:N forhold blev fundet i delforsøg 7 og var 16,3. Det høje C:N forhold skyldes til dels forholdsvist lavt proteinindhold i foderet og dermed en forholdsvis lav kvælstofoptagelse og ab dyr mængde af kvælstof.

Tabel 7. Kvælstof (N) og kulstof (C) i halm

Delforsøg	Halm, kg	Tørstof, pct	N i tørstof, pct	C i tørstof, pct	N, kg	C, kg
1	904	89,6	0,52	47,0	4,21	380,7
2	480	88,1	0,57	47,0	2,41	198,8
3	728	87,9	0,53	47,0	3,39	300,8
4	1227	87,5	0,44	47,0	4,72	504,6
5	729	89,4	0,58	47,0	3,78	306,3
6	983	91,2	0,52	47,0	4,66	421,4
7	905	89,6	0,66	47,0	5,35	381,1
8	1009	89,0	0,60	47,0	5,39	422,1

Tabel 8. Kvælstof (N) og kulstof (C) i fæces/ab dyr

Delforsøg	N ab dyr, kg	Foder-tørstof ^{*)} , kg	Fæces-tørstof, kg ^{**)}	C i fæces, kg ^{**)}	C:N
1	171,7	8993	3492	1460	8,5
2	164,3	9017	3501	1464	8,9
3	149,0	7549	2931	1225	8,2
4	108,7	6249	2427	1014	9,3
5	126,0	6940	2695	1127	8,9
6	102,0	6960	2703	1130	11,1
7	81,6	6395	2483	1038	12,7
8	101,1	6492	2521	1054	10,4

^{*)} Fodertørstof = tørstof i fuldfoder + græs + grovfoder + strøfoder

^{**)} Vedr. forholdet mellem fodertørstof og fæcestørstof, C i fæces m.v. se bilag A

Tabel 9. Kvælstof (N) og kulstof (C) i strøelse (fæces+halm)

Del-forsøg	N, fæces + halm, kg	C, fæces + halm, kg	C:N forhold	Strøelse, gram pr. høne pr. dag	Tørstof i dybstrøelse, pct	N i foder+græs, g pr. høne pr. dag	N-tab, pct. af afsat i stald ^{*)}
1	175,9	1840,7	10,5	16,1	67,6	4,04	57,1
2	166,7	1662,8	10,0	8,2	68,5	3,80	58,2
3	152,4	1525,8	10,0	14,0	72,5	3,72	49,3
4	113,4	1518,6	13,4	22,3	67,8	2,95	44,3
5	129,8	1433,3	11,0	14,3	57,7	3,50	48,8
6	106,7	1551,4	14,5	17,4	58,7	2,82	49,7
7	87,0	1419,1	16,3	20,5	54,2	2,83	38,3
8	106,5	1476,1	13,9	17,1	59,6	2,43	34,7

^{*)} N afsat i stald = (N ab dyr + N i halm) – N på udearealer

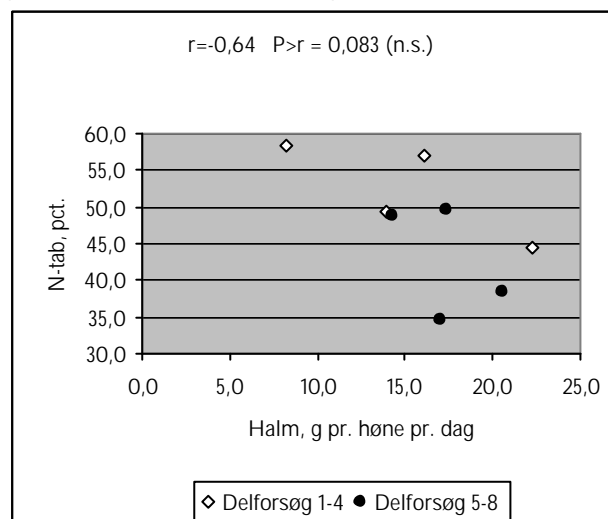
I tabel 10 er vist korrelationerne mellem strøelsesforbruget (gram halm pr. høne pr. dag), det beregnede C:N forhold, tørstofindholdet i dybstrøelsen, totalindhold af kvælstof i foder og staldtabet af kvælstof i procent af kvælstof afsat i stald.

Tabel 10. Korrelation mellem det relative kvælstoftab og strølesforbrug, C:N forhold i gødningen, strøles tørstofindhold og hønernes kvælstofoptagelse (signifikante korrelationer markeret med fed type).

	C:N forhold		Tørstof i dybstrøelse, pct		N i foder+græs, g pr. høne pr. dag		N tab ^{*)}	
	R	P>r	R	P>r	r	P>r	r	P>r
Strøelse, gram pr. høne pr. dag	0,749	0,033	-0,365	0,374	-0,623	0,099	-0,647	0,083
C:N forhold			-0,742	0,035	-0,867	0,005	-0,753	0,031
Tørstof i dybstrøelse, pct.					0,633	0,092	0,564	0,145
N i foder+græs, g pr. høne pr. dag							0,872	0,005

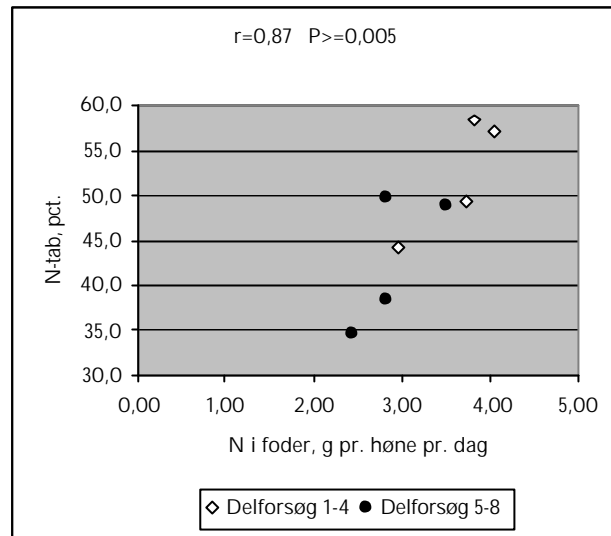
Figur 4 viser kvælstoftabet i stald som funktion af strølesmængden (gram halm pr. høne pr. dag). Der er fundet en negativ korrelation mellem strølesforbruget og kvælstoftabet, men korrelationen er ikke signifikant (95 pct. konfidensniveau).

Figur 4. Det relative kvælstoftab fra stalden som funktion af gram halm pr. høne pr. dag.



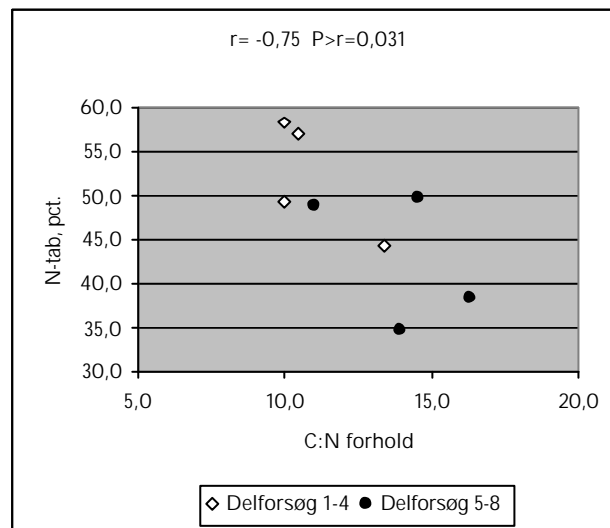
Figur 5 viser sammenhængen mellem gram optaget kvælstof pr. høne pr. dag (i græs og foder) og det relative kvælstoftab. Der er fundet en signifikant og høj korrelation på 0,87. Det er helt forventeligt, at et højere kvælstofindhold i foderet alt andet lige giver et højere kvælstoftab, da mængden af kvælstof ab dyr stiger med stigende kvæstfoptagelse. Bemærk at de højeste kvæstfoptagelser og dermed kvæstoftab er fundet i delforsøg 1-3, svarende til de tre hold, hvor der er målt kvæstofbidrag fra græs på udearealerne.

Figur 5. Det relative kvælstoftab fra stal den som funktion af optaget N pr. høne pr. dag



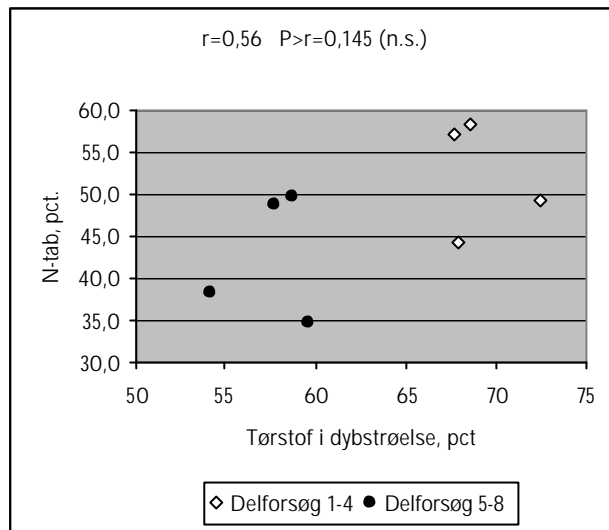
Figur 6 og figur 7 viser sammenhængen mellem det beregnede C:N forhold i strøelsen, strøelsens tørstofindhold og det relative kvælstoftab fra dybstrøelsen. Der er fundet en signifikant negativ korrelation mellem det beregnede C:N forhold og det relative kvælstoftab på $-0,75$. Den negative korrelation betyder, at kvælstoftabet falder med stigende C:N forhold. Dette stemmer overens med forventningen om, at et øget C:N forhold mindsker tabet af kvælstof fra komposterende dybstrøelse.

Figur 6. Det relative kvælstoftab fra dybstrøelsen som funktion af det beregnede C:N forhold i dybstrøelsen



Der er ikke fundet nogen signifikant korrelation mellem strøelsens tørstofindhold og det relative kvælstoftab (fig. 7).

Figur 7. Det relative kvælstoftab fra dybstrøelsen som funktion af tørstofindholdet i dybstrøelsen



5.3 Halmmængder

Tabel 11. Halmmængder

Delforsøg	Samlet halmforbrug, kg	Antal dage i forsøget	Tørstof, pct	Halmforbrug, kg/m ² /delforsøg	Halmforbrug, omregnet til kg/m ² /år
1	904	46	89,6	3,9	31,2
2	480	48	88,1	2,1	15,9
3	728	43	87,9	3,2	26,9
4	1227	46	87,5	5,3	42,3
5	729	43	89,4	3,2	26,9
6	983	48	91,2	4,3	32,5
7	905	38	89,6	3,9	37,8
8	1009	52	89,0	4,4	30,8

I forsøget har det i staldsystemet været muligt at håndtere meget store halmmængder. Normalt anvendes i dybstrøelsessystemer til konsumægshøner mellem to og fire kg halm pr. m² pr. år. Der har i dette forsøg været anvendt halmmængder op til 10-20 gange den normale mængde.

5.4 Produktionsresultater

Tabel 12 viser nøgletal for holdets produktivitet. Hvor det er muligt, er der sammenlignet til det gennemsnitlige produktionsresultat for økologiske æglæggere i 2001.

Tabel 12. Produktivitet.

	Holdet	Økologiske konsumægshøner 2001, landsgennemsnit ^{*)}
Periodelængde, dage	370	336
Døde i pct. af indsatte	8,3	17,1
Æg pr. indsat høne, kg	19,3	15,2
Foder, kg pr. indsat høne	49,6	40,3
Foder, kg pr. kg æg	2,57	2,65
Hønevægt, kg, gns. i delforsøg 1 ^{*)} ,	1913	
Hønevægt, kg, gns. i delforsøg 8 ^{*)} ,	2061	

^{*)} Landsgennemsnit i flg. Det Danske Fjerkræraad, beretning 2002

^{**)} Hønevægt bestemt som gennemsnit af 10 høner i delforsøget 1. uge og 10 høner i delforsøgets 4. uge

Holdet har for perioden som helhed haft en produktivitet over gennemsnittet. Særligt har dødeligheden været meget lav sammenlignet med den gennemsnitlige dødelighed. Der har været en samlet tilvækst for hele perioden på 158 gram pr. høne, svarende til ca. 20 gram pr. høne pr. delforsøg. Den mængde fosfor og kvælstof, der aflejres i tilvæksten, er som forventet ubetydelig, og er derfor udeladt af massebalanceberegningerne.

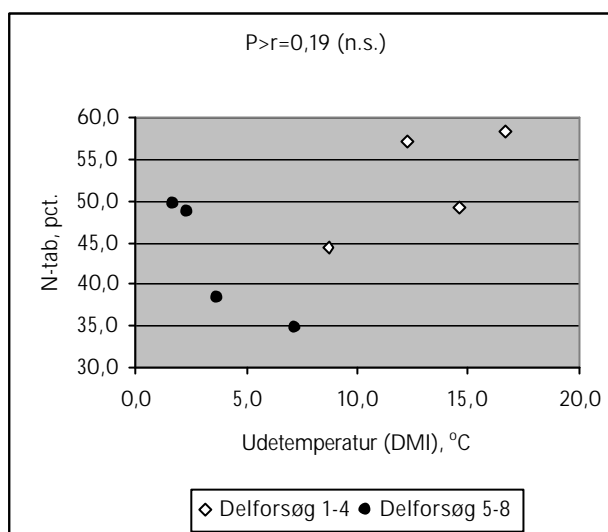
5.5 Diskussion

I de otte delforsøg blev der opnået beregnede C:N forhold på mellem 10,0 og 16,3. Det højeste beregnede C:N forhold ligger dermed noget under 20, der forud for forsøget var sat som mål for det "høje" C:N forhold. Problemerne med at ramme et bestemt C:N forhold skyldes bl.a. , at C:N forholdet ikke kun afhænger af halmmængden men også af kvælstofmængden ab dyr. Kvælstofmængden ab dyr har svinget mellem 480 og 1227 kg kvælstof i de enkelte delforsøg. Dette skyldes varierende optag af kvælstof (protein) med foderet, der kan henføres til varierende foderoptagelse og/eller varierende proteinindhold i det optagne foder. Hønernes mindre foderoptagelse i vintermånederne (tabel 8) skyldes i overvejende grad mindre optagelse af græs og grovfoder i vintermånederne.

Til trods for at C:N forholdet på 20 ikke blev nået, er der fundet en signifikant effekt af C:N forholdet på kvælstoftabet (figur 6). De to af de otte delforsøg med det højeste kvælstoftab blev gennemført i sommerhalvåret. Da omsætningen af urinsyren i gødningen og ammoniakdannelsen er meget temperaturafhængig, kan de høje sommertemperaturer være medvirkende til det højere kvælstoftab. Den undersøgte stald er uisoleret og med store åbninger til det fri, og temperaturen i stalden følger derfor i store træk udetemperaturen. Udetemperaturens indflydelse på temperaturen i gødningssmåtten, og dermed omsætningshastigheden af urinsyre i gødningssmåtten, anses dog at være af mindre betydning, da dels den store isoleringseffekt af gødningssmåtten og dels varmedannelsen i gødningssmåtten vil virke som "temperaturbuffer" i forhold til udetemperaturen.

Figur 8 viser en grov sammenligning mellem kvælstoftabet og udetemperaturen. Udetemperaturen er et vejet gennemsnit af Danmarks Meteorologiske Instituts månedsgennemsnit for målestationerne ved Værløse og Sjælsmark, der begge ligger inden for en ca. 7 km radius fra ejendommen. Der er ingen signifikant korrelation mellem udetemperaturen og kvælstoftabet.

Figur 8. Det relative kvælstoftab fra dybstrøelsen som funktion af udetemperaturen. Udetemperaturen er vejet gennemsnit for DMIs målestationer ved Værløse og Sjælsmark.



I tre af de otte delforsøg resulterede balanceberegningen i en negativ afsætning af fosfor på friland (tabel 3). En forklaring kunne være, at højerne udnytter en fosforkilde på friland, som ikke er medtaget i balanceberegningerne. I så fald betyder en negativ balance, at der er en nettoimport af fosfor fra friarealet til stalden (figur 3).

Der er i jorden bundet ret store mængder fosfor i såvel organiske som uorganiske puljer. Den samlede fosformængde i en hektar dansk landbrugsjord er i gennemsnit 4600 kg, hvor af ca. 1/3 (1500 kg) findes i de øverste 25 cm. Hvis blot en lille del af denne fosfor optages af højerne, f.eks. i forbindelse med deres søgen efter kræs materiale, vil det forrykke balanceberegningerne. Andre kilder kunne være smådyr som regnorme. I økologiske jorde, der tilføres husdyrgødning, er der fundet 30-40 g tørvægt regnorme pr. m², svarende til 1500-2000 kg friskvægt pr. hektar. Mængden af regnorme er meget afhængige af såvel fugtighed som temperatur i jorden. Ved temperaturer under fem grader C går ormene i dvale. I denne undersøgelse er de negative fosforbalancer fundet i delforsøg gennemført i vintermånederne, hvilke taler i mod en betydelig udnyttelse af regnorme som forklaring på de negative balancer.

Denne undersøgelse har støttet antagelsen om, at et højere C:N forhold i strøelsen fører til et relativt mindre tab af kvælstof. Der er dog usikkerhed om kvælstoftabets faktiske størrelse i de enkelte delforsøg. I den stald, hvor undersøgelsen blev gennemført, var det teknisk muligt at håndtere de store strøelsesmængder. Der var tale om en relativ lille stald, hvor den hyppige (til

dels manuelle) udmugning var overskueligt rent arbejdsmæssigt. En generel anbefaling af systemet vil kræve en præcisering af de forventede miljøeffekter, målt som kg mindsket kvælstoftab, sat op i mod investeringsbehovet og arbejdsindsats.

C og N udskillelse fra høne – pr. høne pr. dag

Foderforbrug:	140,0 gram/høne/dag
Protein (6,25*N) i foder:	16,0 pct.
Tørstofindhold i foder:	85,0 pct.
Fodertørstof:	119,0 gram/høne/dag
Fæcestørstof, 38,83 pct. af fodertørstof:	46,2 gram/høne/dag
Ægproduktion (læggeprocent):	82,3 pct.
Ægvægt:	64,5 gram
Ægmasse pr. dag:	53,1 gram/høne/dag
N i æg:	1,81 pct.
N optaget i foder:	3,58 gram/høne/dag
N aflejret i æg:	0,96 gram/høne/dag
N ab dyr:	2,63 gram/høne/dag
C i fæcestørstof:	41,8 pct .
C ab dyr:	19,3 gram/høne/dag
C:N forhold, frisk hønsegødning:	7,34

C:N i halm

Tørstofindhold:	85,0 pct.
C i halmtørstof:	47,0 pct.
N i halmtørstof:	0,50 pct.
C:N forhold i halm:	94,0